



Ossi Koniel

Suunnittelun ohjausmenetelmän kehittäminen toteutussuunnittelun hukan eliminoimiseksi

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 16.06.2019

Valvoja: Professori Olli Seppänen

Ohjaaja: DI Lauri Porokka

Tekijä Ossi Koniel

Työn nimi Suunnittelun ohjausmenetelmän kehittäminen toteutussuunnittelun hukan eliminoimiseksi

Maisteriohjelma Building Technology

Koodi CIV

Työn valvoja Prof. Olli Seppänen

Työn ohjaaja DI Lauri Porokka

Päivämäärä 16.06.2019

Sivumäärä 91

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Rakennusalaan ovat vaivanneet pitkään erilaiset laatu-, aikataulu-, kustannus- ja tuottavuusongelmat. Tutkimusten mukaan näiden ongelmien ratkaisevana osasyynä on perinteinen suunnitteluprosessi, joka sisältää merkittävän määrän hukkaa. Tämä hukka konkretisoituu toteutussuunnittelussa suunnitelmapuutteina, -muutoksina ja -viivästyksinä, joiden vaikutukset hankintaan ja tuotantoon ovat merkittävät. Tästä huolimatta, suunnittelun ohjauksen kehittämiseen on panostettu suhteellisen vähän alalla.

Diplomityön tavoitteena oli kehittää suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoidaan toteutussuunnittelun hukkaa. Tutkimus koostuu kirjallisuusselvityksestä ja empiirisestä osasta. Kirjallisuusselvityksessä kuvataan suunnittelun hukkaa sekä sen eliminointiin kehitettyjä toimintatapoja ja sovellutuksia.

Toimintatutkimuksena toteutettu empiirinen osuus käynnistettiin hukkatutkimuksella, jossa työpajatyöskentelyllä sekä tutkimuskohteen havainnoinnilla ja haastatteluilla tunnistettiin 15 eri toteutussuunnittelun hukkamuotoa ja niiden aiheuttajia. Hukkatutkimuksessa tunnistettiin kirjallisuusselvityksen nähden kahdeksan uutta hukkamuotoa: ylisuunnittelu, epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa, kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia, kokouksiin tarpeeton osallistuminen, suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen, liian aikainen suunnittelu, tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen, tiedon etsiminen sekä tuotannon puutteellinen hyödyntäminen. Nämä muodostavat tutkimuksen ensimmäisen keskeisen tieteellisen kontribuution.

Tutkimuksen toinen kontribuutio liittyy kehitettyyn suunnittelun ohjaus menetelmään. Kirjallisuuden ja hukkatutkimustulosten pohjalta luotiin suunnittelun ohjausmenetelmä, joka käsittää suunnitteluajataulun ja suunnitelmamäärittelytyökaluja sekä niihin liittyviä toimenpiteitä. Suunnitteluajataulu koostuu palaveri-, suunnitelmapaketti- ja tehtäväajataulusta. Suunnitelmatarvemäärittelyt koostuvat suunnitelmamatriisista, suunnitelmien sisältömäärittelystä sekä lähtötietotarveluettelosta. Jokaiselle hukkamuodolle on onnistuttu löytämään työkalu, jolla kyseistä hukkaa pyritään eliminoidaan. Menetelmä testattiin tutkimuskohteessa ja tulokset antoivat viitteitä siitä, että sen avulla kyettiin vähentämään ja jopa eliminoidaan merkittävän osan hukkamuodoista. Lopuksi tunnistettiin vielä menetelmän kehityskohteet jatkokehitystä varten.

Avainsanat toimitilarakentaminen, suunnittelun ohjaus, lean, hukka, suke, allianssi



Author Ossi Koniet

Title of thesis Developing a design management method to eliminate detailed design waste

Master programme Building Technology

Code CIV

Thesis supervisor Prof. Olli Seppänen

Thesis advisor M.Sc. Lauri Porokka

Date 16.06.2019

Number of pages 91

Language Finnish

Abstract

The construction industry has been plagued by various quality, scheduling, cost and productivity problems for a long time. Research has shown that a crucial cause for these problems is the traditional design process, which contains a significant amount of waste. This waste is reflected in detailed design as design deficiencies, changes and delays, which have significant implications on procurement and production. Despite this, relatively little has been invested in the development of design management in the industry.

The aim of the thesis was to develop a design management method that aims to eliminate waste from detailed design. The research consists of a literature review and an empirical action research. The design waste and the methods and applications developed for its elimination are described in the literature review.

The action research began with a waste research, where 15 various types of detailed design waste and their causes were identified through a workshop, an observation of the case project and interviews. The waste research identified eight new waste types in relation to the literature review: overdesign, going through irrelevant at meeting, having meetings without the essential stakeholders, unnecessary attendance of meetings, producing defective design, designing too early, producing unnecessary design, searching for information and poor utilization of production. These are the first major scientific contributions of the research.

The second contribution of the research is related to the developed design management method. Based on the results obtained, a design management method was created, which includes a design schedule and design requirement tools as well as related measures. The design schedule consists of a meeting, design package and task schedule. The design requirements consist of a design matrix, a specification of design content and a list of input information. For each waste type, a tool to eliminate it was successfully found. The method was tested in the case project and the results indicated that it was able to reduce and even eliminate a significant portion of the waste types. Finally, the development areas of the method were identified for further development.

Keywords Commercial construction, design management, lean, waste, suke, alliance

Alkusanat

Tämä diplomityö on toteutettu Lujatalo Oy:n toimeksiannosta. Tutkimuksen toteuttaminen on ollut kiintoisa pitkäjänteinen opintaival, jonka myötä olen päässyt syventymään monimutkaisen suunnittelun ohjauksen maailmaan. Nyt työn ollessa valmis on aika kääntää seuraava luku elämässä ja suunnata keula kohti uusia mielenkiintoisia haasteita.

Haluan kiittää ohjaajani Lauri Porokkaa ja esimiestäni Niila Auniota, jotka omista työtaakoistaan huolimatta ehtivät antaa asiantuntevaa ohjausta ja tukea työn suorittamiselle. Tämän mielenkiintoisen ja haastavan aiheen muodostamisessa sekä työn valvomisessa ja tarkastamisessa kiitän diplomityöni valvojaa professori Olli Seppästä. Suuret kiitokset kuuluvat myös kaikille tutkimukseen osallistuneille sekä tutkimuksessa avustaneille henkilöille.

Kiitän opiskelukavereitani, joiden kanssa on ollut mahdollista jakaa niin työn tuskia kuin onnistumisiakin. Diplomityön aikaisesta korvaamattomasta tuesta haluan myös kiittää läheisiäni, ystäviäni ja kollegoitani. Suurimman kiitoksen ansaitsee avopuolisoni Linda jatkuvasta opintojen aikaisesta avusta, tuesta ja kannustuksesta.

Espoossa 16.06.2019

Ossi Koniel

Ossi Koniel

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja rajaus.....	2
1.3	Tutkimuksen menetelmät ja suoritus.....	3
2	Kirjallisuusselvitys.....	6
2.1	Suunnittelun hukka.....	6
2.1.1	Suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä.....	8
2.1.2	Suunnitelmien tarkastus	11
2.1.3	Uudelleensuunnittelu.....	11
2.1.4	Tiedon siirtyminen	13
2.1.5	Tiedon odottelu	14
2.1.6	Yhteenveto suunnittelun hukasta	15
2.2	Lean suunnittelun ohjaus.....	15
2.2.1	Lean johtamisfilosofia.....	16
2.2.2	Leanin soveltaminen rakennusalan organisaatioissa.....	19
2.2.3	Suunnittelun prosessi Leanin näkökulmasta	20
2.2.4	Lean suunnittelun ohjauksen sovellutukset.....	21
2.3	SUKE-malli	32
2.3.1	Toteutussuunnittelun prosessi	32
2.3.2	Suunnitelmapaketit ja niiden katselmointi	33
2.3.3	Suunnitelmien tarkkuustasot ja käyttötarkoitukset	35
2.4	Kirjallisuusselvityksen yhteenveto.....	36
3	Hukkatutkimus	38
3.1	Tutkimuskohteen valinta	38
3.2	Aineistonkeruumenetelmät, analyysi ja tulkinta	39
3.3	Toteutussuunnittelun hukkamuodot ja niiden aiheuttajat.....	41
3.4	Hukkatutkimuksen yhteenveto	54
4	Suunnittelun ohjausmenetelmä	55
4.1	Menetelmän kehittäminen	55
4.2	Menetelmän kuvaus.....	56
4.3	Menetelmän testauksen suoritus.....	69
4.4	Menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset.....	71
5	Pohdinta ja yhteenveto	76
5.1	Tavoitteiden saavuttaminen ja tulosten peilaaminen kirjallisuuteen.....	76
5.2	Tieteellinen kontribuutio	80
5.3	Menetelmän yleistettävyyys	80
5.4	Tutkimuksen luotettavuus	81
5.5	Jatkotutkimusehdotukset	82
	Lähdeluettelo.....	83

Lyhenteet

2D	<i>Two dimensional</i> , kaksiulotteinen
AJR	Allianssin johtoryhmä
APR	Allianssin projektiryhmä
BIM	<i>Building Information Modelling</i> , rakennuksen tietomallintaminen
CDM	<i>Collaborative Design Management</i> , yhteistoiminnallinen suunnittelun ohjaus
DM	<i>Dialogue Matrix</i> , keskustelumatriisi
DSM	<i>Design Structure Matrix</i> , riippuvuusmatriisi
ICE	<i>Integrated Concurrent Engineering</i> , integroitu rinnakkais-suunnittelu
JIT	<i>Just-In-Time</i> , Juuri oikeaan aikaan tai juuri oikeaan tarpeeseen (JOT)
LOD	<i>Level of Detail</i> , tietomallin tarkkuustasomäärittely / <i>Level of Development</i> , tietomallin luotettavuustasomäärittely
LPS	<i>Last Planner System</i> , Last Planner –prosessi
LVI	Lämmitys-, vesijohto- ja ilmanvaihtotekniikka
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> , Massachusettsin teknillinen korkeakoulu
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> , suunnittele-toteuta-tarkasta-toimi
PDSA	<i>Plan-Do-Study-Act</i> , suunnittele-toteuta-tutki-toimi
RT	Rakennustieto
RYL	Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
SBD	<i>Set Based Design</i> , joukkopohjainen suunnittelu
SP	Suunnitelmapaketti
SUKE	Suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen projektinjohtorakentamisessa
TATE	Talotekniikka
TFV	<i>Transformation-Flow-Value</i> , muunos-virtaus-arvontuotto
TTP	Tehtävien toteutumisprosentti
TPS	<i>Toyota Production System</i> , Toyotan tuotannonjärjestelmän
TVD	<i>Target Value Design</i> , tilaajan tavoitteisiin suunnittelu
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> , arvovirtakuvaus
ViBR	<i>Virtual Big Room</i> , virtuaalinen Big Room
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i> , työnositus
YTV	Yleiset tietomallivaatimukset

1 Johdanto

1.1 Tausta

Rakentamisessa työn tuottavuuden puutteellinen kehitys on vaivannut toimialaa pitkään. Samalla kun teollisuuden tuottavuus on lähes kaksinkertaistunut viimeisen 40 vuoden aikana, rakentamisen tuottavuus on pysynyt samassa tasossa. (McKinsey Global Institute 2017) Tuottavuusongelmien lisäksi rakentamista ovat vaivanneet myös aikataulu- ja laatuongelmat sekä korkeat kustannukset (Koskela 1992).

Rakennusalan ongelmien merkittävänä osasyynä pidetään perinteistä suunnittelua, joka sisältää huomattavan määrän hukkaa (Formoso ym. 1998). Tämä hukka heijastuu suunnitelmapuutteina, -muutoksina ja -viivästyksinä, jotka korostuvat toteutussuunnittelussa eli hankintaa ja toteutusta palvelevassa suunnittelussa. Useat tutkimukset antavat viitteitä siitä, että suurin osa rakennusvirheistä johtuu virheellisistä, ristiriitaisista tai puutteellisista suunnitelmista. (Formoso ym. 1998) Suunnitelmapuutteet ja -viivästykset aiheuttavat viime kädessä budjettiylityksiä, aikataulun venymistä sekä laadun heikkenemistä (Ballard ym. 2009).

Edellä mainituista ongelmista huolimatta, suunnittelun ohjaukseen kehittämiseen on panostettu suhteellisen vähän alalla (Formoso ym. 1998, Ballard & Koskela 1998). Suunnittelun ohjaus on yksi rakennushankkeen laiminlyödyimmistä osa-alueista, vaikka useissa tutkimuksissa on havaittu sen olevan merkittävin syy suunnittelun ongelmille (Coles 1990, Josephson 1996, Sverlinger 1996, Koskela ym. 1997). Suunnittelun ohjauksella tiedetään olevan vahva vaikutus koko hankkeen menestykseen. Onnistunut suunnittelun ohjaus toimii avaintekijänä kustannustehokkaan sekä aikataulullisesti ja laadullisesti onnistuneen hankkeen läpiviennissä. (Choi ym. 2003) Suunnittelun ohjaukseen liittyy usein kaaos ja improvisointi (Koskela ym. 1997). Tilanne johtuu osittain siitä, että suunnittelun ohjausta pidetään yhtenä haastavimpana rakentamisen johtamisen osa-alueista, sillä se sisältää sekä suunnitelmien tuotannonohjausta että luovuuden johtamista. Suunnittelun ohjausta vaikeuttaa myös suunnittelun prosessi, joka koostuu tehtävien välisistä monimuotoisista riippuvuussuhteista. (Knotten ym. 2015)

Suunnittelun ohjauksen tutkiminen on alkanut herättämään laajaa kiinnostusta vasta hiljattain, vaikka aihetta on dokumentoitu jo vuonna 1907 (Pikas ym. 2018). Syitä tähän on useita. Rakennukset ja projektit ovat kehittyneet kilpailukykyisessä markkinassa monimuotoisempaan ja vaativampaan suuntaan, mikä on luonut paineita suunnitella nopeammin ja laadukkaammin. (Formoso ym. 1998) Rakennusten teknisten vaatimusten tiukentuminen edellyttää entistä enemmän asiantuntijoita, joiden saumaton koordinointi on haastavaa (Bølviken ym. 2010). Tietomallit ovat parantaneet suunnitelmien laatua, mutta ovat myös korostaneet suunnittelualojen välisten ristiriitojen ratkaisemista jo aikaisessa vaiheessa (Sacks ym. 2010). Tahtituotannon käyttöönoton myötä suunnitelmien on oltava entistä laadukkaampia (Lehtovaara ym. 2019). Tilaajat vaativat käyttäjälähtöistä suunnittelua samalla kuin yhä suurempi osa hankkeista käynnistetään vailla tietoa ensikäyttäjistä (Kruus 2008). Yhteistoiminnallisten toteutusmuotojen rantautumisen myötä suunnitteluun on integroitava useiden eri osapuolten mielipiteet, jotka saattavat olla usein keskenään ristiriidassa. Näille toteutusmuodoille on ominaista myös rakentamisen ja

suunnittelun limittyminen, jotka ovat korostaneet suunnittelu- ja rakentamisprosessin yhteensovittamisen merkittävyyttä (Kamara ym. 1997, Ballard 2000b).

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksenä toimii Lujatalo Oy:n Uudenmaan alueen toimitila- ja korjausrakentamisen yksikkö. Yksikkö keskittyy uusien toimitilojen hankekehitykseen, rakennuttamiseen ja urakointiin sekä toimii kohteissaan päätoteuttajan roolissa. Kohdeyrityksessä on käynnistynyt viime vuosina kiihtyvässä määrin suunnittelun ohjausvastuuta sisältäviä yhteistoiminnallisia hankkeita, jotka haastavat yrityksen perinteisiä suunnittelun ohjauksen menetelmiä. Perinteisillä menetelmillä tarkoitetaan yrityksen nykyisiä toimintatapoja, prosesseja ja työkaluja. Näitä ovat muun muassa suunnittelun aikatauluohjauksessa käytetyt piirustus- ja hankintapakettiaikataulut, kommunikointivälineenä käytetty sähköposti, suunnittelukokouskäytännöt ja -pöytäkirjat sekä suunnitteluvaiheilmoitukset. Kohdeyrityksessä on havaittu näiden perinteisten suunnittelun ohjausmenetelmien sisältävän ja aiheuttavan merkittävän määrän hukkaa toteutussuunnittelussa. Kuten kirjallisuudessa on todettu, myös kohdeyrityksessä on havaittu, että tämä hukka heijastuu suunnitelmaviivästyksiä, -muutoksina ja -puutteita, joiden vaikutukset hankintaan ja tuotantoon ovat merkittävät.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Diplomityön tavoitteena on kehittää kohdeyritykselle uusi suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoimaan toteutussuunnittelun hukkaa. Menetelmän kehittämisessä on tarkoitus hyödyntää Suomessa ja kansainvälisesti todettuja parhaita käytäntöjä. Hukan eliminomisella tavoitellaan virtaviivaisempaa, ennustettavampaa ja laadukkaampaa suunnittelua, jolloin hankintaa ja toteutusta palvelevien suunnitelmien puutteet, muutokset ja viivästykset vähentyisivät. Tavoitteen saavuttamiseksi muodostettiin seuraavat tutkimuskysymykset, joihin diplomityössä pyritään vastaamaan:

- **Minkälaista hukkaa esiintyy toteutussuunnittelussa?**
- **Mitkä ovat toteutussuunnittelun eri hukkamuotojen aiheuttajat?**
- **Miten Lean suunnittelun ohjausta ja SUKE-mallia hyödyntämällä on mahdollista eliminoida toteutussuunnittelun hukkaa?**

Tutkimus on rajattu koskemaan ainoastaan toteutussuunnitteluvaihetta. Toteutussuunnittelulla tarkoitetaan sekä hankintaa että toteutusta palvelevaa suunnittelua. Toteutussuunnittelua edeltävät vaiheet, kuten ehdotus- ja yleissuunnittelu eivät sisälly tutkimukseen. Tutkimus painottuu toteutussuunnittelun hukan tarkasteluun. Näin ollen esimerkiksi suunnittelusta johtuvan tuotannon ja hankinnan hukan tarkastelu on rajattu pois tutkimuksesta.

Tutkimus painottuu tarkastelemaan suunnittelun ohjausta yhteistoiminnallisten hankkeiden näkökulmasta. Tutkimustuloksia on kuitenkin pyritty yleistämään myös niihin toteutusmuotoihin, jossa suunnittelun ohjausvastuu on päätoteuttajalla. Tutkimuksessa kehitetty menetelmä on tarkoitettu ainoastaan uudistoimitilahankkeiden suunnittelun ohjaukseen, eikä se näin ollen sovellu suoraan käytettäväksi esimerkiksi toimitilojen ja asuntojen korjauksessa tai asuntorakentamisen uudistuotannossa. Omaperusteisen tuotannon näkökulmia ei käsitellä tutkimuksessa.

1.3 Tutkimuksen menetelmät ja suoritus

Tämä tutkimus koostuu kirjallisuusselvityksestä ja empiirisestä osuudesta. Kirjallisuusselvityksessä pyritään hahmottamaan tutkittavaa ilmiötä aiemman tutkimuskirjallisuuden perustella. Kirjallisuusselvitys muodostaa teoreettisen viitekehyksen, joka toimii empiirisen tutkimuksen lähtökohtana. Teoreettista viitekehystä hyödynnetään myös tutkimuksen empirian validoinnissa sekä tieteellisen kontribuution tunnistamisessa.

Kirjallisuusselvityksen pääasiallisiksi tietolähteiksi valikoituivat suomalainen SUKE-tutkimus ja kansainvälinen Lean suunnittelun ohjaukseen liittyvä kirjallisuus, sillä diplomityön tavoitteena oli hyödyntää Suomessa ja kansainvälisesti todettuja parhaita käytäntöjä. Lean suunnittelun ohjaus kirjallisuus perustuu Lean johtamisfilosofiaan, jossa keskitytään suunnittelussa esiintyvän hukan eliminointiin. Tämän vuoksi sen todettiin soveltuvan tutkimuksen tavoitteeseen. Lean johtamisfilosofia on myös yhteistoiminnallisten toteutusmuotojen kulmakivi ja näin ollen se sopii tutkimuksen kontekstiin. SUKE-tutkimus valittiin keskeiseksi suomalaiseksi tietolähteeksi, sillä SUKE-tutkimuksessa on keskitetty suunnittelun ohjauksen kehittämiseen projektijohtorakentamisessa. Projektijohtorakentaminen sisältää suunnittelun ohjauksen kannalta hyvinkin samanlaisia piirteitä kuin yhteistoiminnallisissa toteutusmuodoissa, jotka toimivat lähtökohtana suunnittelun ohjausmenetelmän kehittämiseksi. Lisäksi SUKE-malli todettiin pohjautuvan pitkälti Leanin periaatteisiin ja tavoitteisiin, jolloin sitä on mahdollista hyödyntää yhdessä Leanin kanssa toteutussuunnittelun hukan eliminointiin. Tutkimuksen kirjallisuusselvitys on esitetty toisessa luvussa ja se jakaantuu neljään osaan:

- Luku 2.1: *Suunnittelun hukka*
- Luku 2.2: *Lean Suunnittelun ohjaus*
- Luku 2.3: *SUKE-malli*
- Luku 2.4: *Kirjallisuusselvityksen yhteenveto*

Kirjallisuusselvityksen ensimmäinen osio käsittää aiemman tutkimuksen perusteella tunnistetut suunnittelun hukkamuodot ja niiden syyt sekä toimintatavat, joilla kyseisiä hukkamuotoja on mahdollista eliminoida. Kirjallisuusselvityksen toinen osio käsittää Lean suunnittelun ohjauksen filosofiaa ja siihen pohjautuvia suunnittelun hukkaa eliminovia sovellutuksia. Kirjallisuusselvityksen kolmannessa osiossa esitellään SUKE-mallia ja sen ratkaisuja toteutussuunnittelun ohjauksessa esiintyviin hukan eliminointiin. Kirjallisuusselvityksen neljännessä osiossa kiteytetään kirjallisuusselvityksen keskeisimmät tulokset teoreettiseen viitekehykseen.

Tutkimuksen empiirinen osuus on luonteeltaan kvalitatiivinen eli laadullinen. Kuten suunnittelu, myös suunnittelun ohjaus on monimutkainen ilmiö, jonka tutkiminen edellyttää sen ominaisuuksien ja tarkoituksen sisäistämistä, eikä asioiden yleistämistä tilastojen pohjalta. Kvalitatiivinen tutkimusote sopii tähän tarkoitukseen mainiosti, sillä otteessa korostuu sellaisten metodien hyödyntäminen, joilla tutkittavasta ilmiöstä muodostetaan kokonaisvaltainen ja syvälinen käsitys (Hirsjärvi ym. 2004).

Kvalitatiivinen tutkimusote koostuu useista eri metodisista lähestymistavoista, joista tämän tutkimuksen lähestymistapana toimii toimintatutkimus (Action Research). Suunnittelun ohjaus kuuluu käytännön tieteenhaaraan, jonka tieteellinen tutkiminen edellyttää samanaikaisesti käytännön ongelmien ratkaisujen edistämistä sekä teoreettisen ja konseptuaalisen tiedon luomista. Toimintatutkimuksellinen lähestymistapa mahdollistaa teorian luomista ja haastamista samalla kun käytännönläheistä ongelmaa ratkaistaan todellisessa

toiminnassa. (Azhar ym. 2009) Käytännön suuntautumisen ja ongelmakeskeisyyden lisäksi, toimintatutkimukselle on ominaista tutkittavien ja tutkijan välinen yhteistyö ja aktiivinen rooli muutosprosessissa (Kuula 2006).

Tutkimus suoritetaan toimintatutkimukselle ominaisen Susan ja Evered (1978) kehittämän viisivaiheisen iteroivan prosessin mukaisesti. Vaiheiden toistaminen mahdollistaa jatkuvaa parantamista sekä ilmiön tietämyksen ja ymmärryksen syventämistä (Wilson 2016). Tutkimuksen kulku on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Toimintatutkimuksen suoritusprosessi (Mukaillen Baskerville 1997)

Tutkimusongelman määrittely

Tutkimusongelman määrittelyvaiheessa tunnistetaan ensisijaiset ongelmat, joihin toimintatapojen muutoksella kaivataan ratkaisua (Baskerville 1999). Tutkimuksen ongelmana on toteutussuunnittelussa esiintyvä hukka. Hukkaa esiintyy lukemattomissa eri muodoissa, joten tutkimuksessa priorisoidaan vain tutkimuskohteessa havaitut merkittävimmät hukkamuodot. Ongelman kokonaiskuva pyritään hahmottamaan hyödyntämällä suunnittelun ohjaukseen ja hukkaan liittyvää aikaisempaa tutkimuskirjallisuutta. Lisäksi tutkija tarkastelee kohdeyrityksen ja alan suunnittelun ohjauksen toimintatapoja sekä niissä esiintyviä hukkamuotoja ja niiden syitä työpajatyöskentelyllä, havainnoinnilla ja sitä tukevilla haastatteluilla. Vaiheen tuloksena syntyvät teoreettiset olettamukset, joiden pohjalta ratkaisua lähdetään kehittämään (Baskerville 1997). Ongelman määrittely on esitetty kolmannessa luvussa *Hukkatutkimus*.

Menetelmän kehittäminen

Menetelmän kehittämisvaiheessa kehitetään suunnittelun ohjausmenetelmä yhteistyössä kohdeyrityksen asiantuntijoiden kanssa. Menetelmän kehittämisessä hyödynnetään teoreettista viitekehystä, joka osoittaa kohdeyrityksen tulevaisuuden päämäärän ja kyseisen päämäärän saavuttamisen edellyttämät muutokset (Azhar ym. 2009). Kehitettävä menetelmä pohjautuu kirjallisuusselvityksessä kuvattuihin hukkaa eliminoiviin toimintatapoihin, SUKE-malliin sekä Lean kirjallisuuden sovellutuksiin. Menetelmä käsittää työkaluja ja toimintatapoja, joilla merkittävimmät hukkamuodot pyritään eliminoimaan. Menetelmän kehittämisprosessi ja kehitetty menetelmä on esitetty luvuissa *4.1 Menetelmän kehittäminen* ja *4.2 Menetelmän kuvaus*.

Menetelmän testaus

Menetelmän testausvaiheessa tutkija jalkauttaa kehitettyä suunnittelun ohjausmenetelmää kohdeyrityksen tutkimuskohteeseen yhteistyössä tutkimuskohteen osapuolten kanssa. Testaus toteutetaan muutosprosessina, joka voi olla esimerkiksi suora tai epäsuora. Suorassa muutosprosessissa tutkimus ohjaa muutosta ja epäsuorassa muutosta tavoitellaan välillisesti. (Baskerville 1999) Menetelmän vaikutukset ja ongelmat havainnoidaan testauksen aikana tutkijan toimesta. Menetelmän testausvaihe on kuvattu luvussa *4.3 Menetelmän testauksen suoritus*.

Menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset

Testauksen perusteella tutkija arvioi suunnittelun ohjausmenetelmän toimivuutta suhteessa kehitysvaiheessa tehtyihin olettamuksiin (Baskerville 1997). Arviointi käsittää myös testausvaiheen aikana ilmenneiden ongelmien ja niiden syiden analysointi. Ongelmien syiden perusteella tutkija laatii kehitysehdotukset, joilla ongelmia pyritään jatkokehityksessä eliminoidaan. Menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset on esitetty luvussa *4.4 Menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset*.

2 Kirjallisuusselvitys

2.1 Suunnittelun hukka

Tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa toteutussuunnittelussa esiintyvää hukkaa ja sen syitä sekä kehittää suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoimaan tunnistettuja hukkamuotoja. Tässä luvussa käsitellään aiemmissa tutkimuksissa tunnistetut suunnittelun hukkamuodot ja niiden aiheuttajat. Luvussa tuodaan esille myös kirjallisuudessa ehdotetut toimintatavat, joilla suunnittelun hukkaa on mahdollista eliminoida. Kokonaisia suunnittelun hukkaa eliminoivia sovellutuksia ei esitellä tässä luvussa. Sovellutukset käsitellään vasta myöhemmissä luvuissa erikseen aihealueen jäsentelyn ja hahmottamisen helpottamiseksi.

Jotta suunnittelun hukkamuotoja ja niiden syitä on mahdollista hahmottaa, on ensin tarkasteltava, mitä hukka tarkoittaa kirjallisuuden pohjalta. Ohno (1978) määrittelee hukaksi toimintaa, joka kuluttaa resursseja tuottamatta minkäänlaista arvoa asiakkaalle (Muda). Koskelan (1992) mukaan hukkaa esiintyy kaikenlaisessa tehottomassa prosessissa, joka edellyttää materiaalin, työkalujen, pääoman tai työvoiman liikkäytön. Yksinkertaisemmin määriteltynä hukka on kaikenlaista toimintaa, jota voidaan eliminoida tuotteen arvoa vähentämättä (Koskela & Huovila 1997, Polat & Ballard 2004) Womackin ja Jonesin (1996) mukaan prosessin hukkaa voidaan luokitella joko puhtaaksi hukaksi tai tarpeelliseksi hukaksi. Puhdas hukka on toimintaa, jota on eliminointava kokonaan pois prosessista. Tarpeellisen hukan eliminointi edellyttää puolestaan merkittäviä muutoksia prosessiin.

Alkuperäinen hukkaryhmittely on toteutettu Toyotan tuotannossa, jossa hukka ryhmiteltiin seitsemään erilaiseen hukkaryhmään (Ohno 1978). Näiden lisäksi Liker (2010) on tunnistanut kahdeksannen hukkaryhmän kiteyttäen kaikki kahdeksan hukkamuotoa seuraavasti:

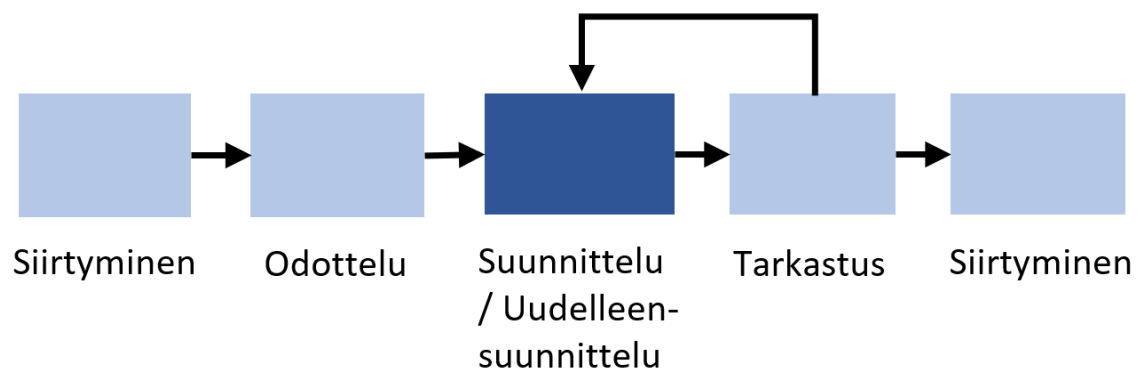
1. **Ylituotanto:** Tuotetaan liian aikaisin tai enemmän kuin on tarvetta, mikä johtaa materiaalin tarpeettomaan varastointiin ja kuljettamiseen. Ylituotanto sitoo ylimääräisiä resursseja, joita olisi voitu hyödyntää muuhun arvoa tuottavaan työhön.
2. **Odottelu:** Aikaa, joka ei kulu arvoa tuottavan työn suorittamiseen.
3. **Tarpeeton kuljettaminen:** Materiaalin tai työvoiman kuljettaminen, joka ei kasvata tuotteen arvoa.
4. **Ylikäsittely:** Työn sisäiset tarpeettomat toiminnot.
5. **Varastot:** Asiakkaan tarpeiden nähden ylimääräisen materiaalin säilyttäminen.
6. **Liikkuminen:** Kaikki prosessin sisäiset tarpeettomat liikkeet.
7. **Puutteellisten tuotteiden tuottaminen:** Asiakkaan tarpeista tai vaatimuksista poikkeavan tuotteen tuottaminen.
8. **Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen:** Työntekijöitä ei osallisteta prosessiin, jolloin heidän taitonsa, oppimismahdollisuutensa ja ideansa jäävät toteutumatta.

Lisää kahdeksansia hukkaryhmiä on tunnistettu muun muassa Macomber ja Howell (2004) ja Womack ja Jones (1996). Macomber ja Howell (2004) ehdottavat, että osapuolet, jotka eivät kuuntele tai keskustele toistensa kanssa, tuottavat hukkaa. Womack ja

Jones (1996) puolestaan korostavat, että palvelut, jotka eivät vastaa asiakkaan tarpeita aiheuttavat hukkaa.

Kirjallisuudessa on yhteisymmärrys siitä, että suunnittelun hukalla on suora vaikutus rakentamisen tuotannon hukkaan (Osmani ym. 2009, Mazlum & Pekeriçi 2016, Innes 2004). Innes (2004) mukaan noin 33 % rakentamisen tuotannon hukasta johtuu suorasti tai epäsuorasti suunnittelusta. Merkittävää hukkaa rakentamisessa aiheuttavat muun muassa suunnitelmamuutokset, suunnitelmavirheet, epäselvät suunnitelmat ja suunnitelma- viivästyks (Osmani ym. 2009). Koskela ym. (2001) tutkimuksessa todetaan, että kaikista rakentamisen virheistä, kalleimmat virheet aiheutuvat suunnitteluvirheistä tai -puutteista. Undurragan (1996) mukaan suunnitelmapuutteet kuluttavat jopa 25 % hankkeen kokonaisajasta, kun taas Burati ym. (1992) väittävät, että jopa 78 % laatuongelmista johtuu puutteellisesta suunnittelusta (Choa ym. 2003). Boon Hui Yap ja Skitmore (2018) toteavat puolestaan suunnitelmamuutosten olevan yksi keskeisimmistä syistä suunnittelun myöhästymiselle ja budjetin ylitykselle. (Boon Hui Yap & Skitmore 2018)

Suunnittelun hukan määrittäminen ei ole kuitenkaan niin yksiselitteinen kuin tuotannon hukan määrittäminen, sillä suunnittelu on tuotantoa verrattuna monimutkaisempi konsepti (Jørgensen & Emmitt 2008). Suunnittelun hukan määrittäminen helpottuu, kun suunnitteluprosessia hahmotetaan tiedon virtauksena (Formoso tm. 1998). Huovila ym. (1997) mukaan tiedon virtauksessa suunnitteluprosessin vaiheet ovat suunnittelutyö, odottelu, tiedon siirtyminen ja tarkastus. Näistä suunnittelutyö on ainoa arvoa tuottava vaihe. Muut vaiheet ovat puhdasta hukkaa, sillä ne kuluttavat vain aikaa ja rahaa tuottamatta mitään lisäarvoa tuotteelle. Lisäksi he väittävät, että hukkaa esiintyy myös arvoa tuottavassa suunnittelutyössä. Muun muassa suunnitelmamuutokset, jotka eivät asiakkaan näkökulmasta lisää tuotteen arvoa, luokitellaan hukaksi. Näitä tarpeettomia suunnitelmamuutoksia voidaan kutsua myös uudelleensuunnitteluksi. Suunnittelun vaiheet tiedon virtauksen näkökulmasta on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Suunnittelun prosessi tiedon virtauksen näkökulmasta (mukailtu Koskela & Huovila 1997)

Kuten edellä on todettu, suunnittelun hukkamuotoja ovat tiedon siirtyminen, tiedon odottelu, uudelleensuunnittelu ja suunnitelmien tarkastus. Näiden lisäksi Koskela (2004) on tunnistanut merkittäväksi hukkamuodoksi tehtävän toteuttamista puutteellisilla edellytyksillä tai ilman että kaikki tehtävän edellytykset on varmistettu (Making-Do), lyhennettynä suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä. Mazlum & Pekeriçi (2016) ovat tutkimuksessaan tunnistanee 28 eri hukkamuotoa, joita he luokittelivat Likeri (2010) hukkaryhmittelyyn. Kyseisiä hukkamuotoja he eivät kuitenkaan ole käsitelleet syvällisesti ja

niiden aiheuttajat on jätetty tutkimatta, joten tuloksia ei voitu hyödyntää tässä tutkimuksessa.

2.1.1 Suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä

Koskela (2004) mukaan suunnittelun oleellinen edellytys on lähtötieto. Tosin suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä ei käsitä pelkästään puutteellisilla lähtötiedoilla suoritettavaa suunnittelua, vaan Bølviken ym. (2010) mukaan suunnittelun edellytykset käsittävät kokonaisuudessaan:

- Edeltävät suunnittelutehtävät – edeltävien tehtävien oltava tehty ennen työn aloitusta.
- Odotukset ja vaatimukset – suunnittelu edellyttää asiakkaan odotusten ja vaatimusten huomioimista, sillä suunnittelussa on pohjimmiltaan kyse asiakkaiden vaatimusten kääntämisestä tekniseen suunnitteluratkaisuun.
- Keskustelu – suunnitteluprosessi edellyttää jatkuvaa ja avointa keskustelua.
- Päätökset – päätöksiä on tehtävä jatkuvasti, sillä ovat osa suunnitteluprosessia.
- Resurssit – varmistettava suunnittelutehtävään riittävää resursointia ja osaamista.
- Menetelmät ja työkalut – Suunnittelutyössä on oltava toimivat ja yhteensopivat menetelmät ja työkalut.

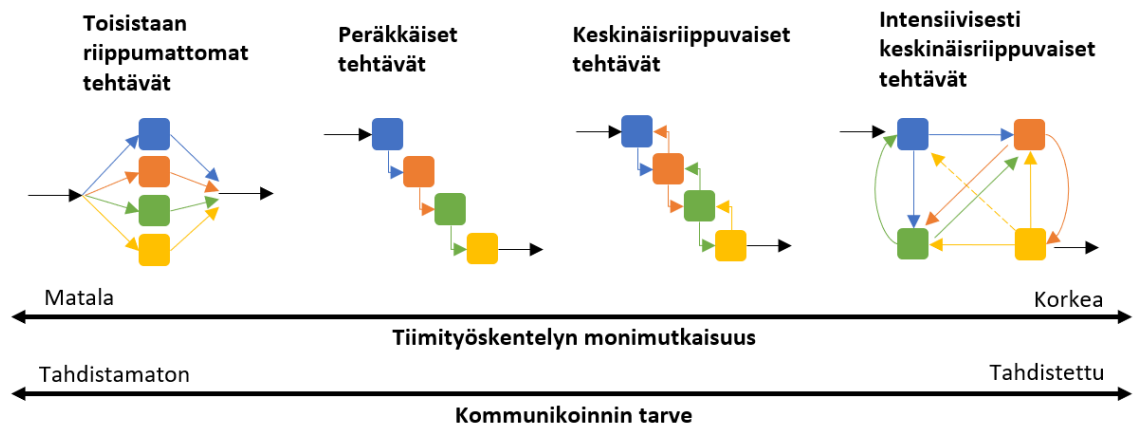
Nämä edellytykset perustuvat Ballard (2000c) määrittämiin tuotannon edellytyksiin, joita Bølviken ym. (2010) on myöhemmin soveltanut suunnitteluun. Puutteet edellytyksissä aiheuttavat usein suunnitelmapuutteita ja -viivästyksiä. (Koskela 2004, Koskela ym. 2002) Tämän vahvistaa myös Koskelan ym. (1997) ja Milesin (1998) tutkimukset, jossa todetaan, että puutteelliset lähtötiedot ja päätökset ovat suurimmat syyt suunnittelutehtävien toteutumatta jäämiselle.

Suunnittelun sisältämä epävarmuus on merkittävä syy puutteellisille suunnittelun edellytyksille (Koskela & Huovila 1997). Tämä epävarmuus johtuu suunnitteluprosessin monimutkaisuudesta luonteesta (Koskela ym. 2002). Suunnitteluprosessin monimutkaisuudelle on useita syitä. Rakentamiseen verrattuna suunnittelu on toistumaton ja ainutkertainen prosessi, jossa muutosten hinta kasvaa eksponentiaalisesti läpi prosessin (Knotten ym. 2014). Toisin kuin rakentamisessa, suunnittelun lopputuotteena ei synny tuotetta vaan tietoa. Tuotettua tietoa voidaan optimoida loputtomasti, joten parempia ratkaisuja on aina olemassa. (Reinertsen 1997) Kun rakentamista voidaan toteuttaa puhtaasti suunnitelmissa esitettyjen vaatimusten mukaisesti, suunnittelun täytyy taas tuottaa nämä vaatimukset huolellisella tilaajan tarpeiden tunnistamisella, ja näiden kääntämisellä täsmälliseen tekniseen muotoon (Ballard & Koskela 1998). Hankkeessa saattaa olla monimuotoisista organisaatioista koostuvia tilaaja- ja käyttäjäosapuolia, joiden ristiriitaiset mielipiteet ja päätökset täytyy huomioida suunnittelussa (Tilley 2005, Pikas ym. 2018). Ristiriitaisista tarpeista ja vaatimuksista johtuen suunnittelussa joudutaan usein tasapainottelemaan ratkaisujen välillä ja näin ollen optimoimaan kompromisseja (Bølviken ym. 2010). Näitä kompromisseja ja oletuksia täytyy jatkuvasti tehdä useiden vaihtoehtojen välillä suunnittelun edetessä (Ballard & Koskela 1998). Näin ollen voidaan todeta, että suunnittelu on prosessi, jossa koko ajan opitaan uutta. Siinä ei ole kyse vain ratkaisujen lukitsemisesta vaan prosessista, jossa jatkuvasti neuvotellaan ja sovitellaan ratkaisujen ja vaihtoehtojen välillä. Prosessia ei voida ennalta määrätä tietoperusteisin mallein. (Ballard 2000a) Tämän vuoksi on luonnollista, että osa suunnittelun edellytyksistä, kuten lähtötiedot, kehittyvät matkan varrella (Koskela ym. 2002, Koskela 2004, Hickethier ym. 2012).

Epävarmuus näkyy erityisesti suunnittelun alussa siten, että kaikki suunnittelutehtävät eivät ole aina selvillä. Suunnittelutehtäviä on mahdollista selventää painottamalla aikaisia päätöksiä sekä määrittelemällä tarkasti rakennuksen laajuutta ja vaatimuksia. Tosin vaikka suunnittelutehtävät olisivat tiedossa, niitä ei välttämättä osata aikatauluttaa tai järjestää tehokkaasti. (Koskela & Huovila 1997)

Kruus (2008) mukaan aikataulutuksen osalta Suomessa erityisen ongelmallisiksi muodostuvat hankkeet, jossa suunnittelu ja rakentaminen limittyvät. Näissä hankkeissa suunnittelu-aikataulua on yleensä laadittu hankintapaketeittain tai piirustuksittain. Aikataulutuksen ja suunnittelunohjauksen kannalta hankintapaketit ja piirustukset muodostavat kuitenkin suunnittelusta irrallisia ja keinotekoisia kokonaisuuksia, jolloin ne saattavat aiheuttaa sekaannuksia. Suunnittelunohjauksessa ei ymmärretä, että yksittäisen piirustuksen tai hankintapaketin toimitus saattaa edellyttää laajemman kokonaisuuden ratkaisemista ja yhteensovittamista. Menettely on myös johtanut siihen, että yksittäiset hankinnat edellyttävät ratkaisuja, joita suunnittelun näkökulmasta on päätettävä paljon myöhemmin. (Kruus ym. 2006)

Suunnitteluprosessia on haastavaa järjestää tehokkaasti, sillä se ei sisällä rakentamisen kaltaisesti ainoastaan peräkkäisiä tehtäviä. Suunnittelutehtävien välillä on useita eri riippuvuuksia, joita on sisäistettävä optimaalisimman ja tehokkaamman järjestyksen löytämiseksi. (Knotten ym. 2015) Kruus (2008) toteaa suunnittelun prosessin sisältävän kolme eri riippuvuuskategoriata: toisistaan riippumattomat tehtävät (Independent), tehtävät, jossa toinen vaikuttaa toiseen tehtävään eli peräkkäiset tehtävät (Dependent) sekä tehtävät, jossa molemmat vaikuttavat toisiinsa eli keskinäisriippuvaiset tehtävät (Interdependent). Knotten ym. (2015) tuo esille vielä neljännen kategorian, jossa tehtävät ovat intensiivisesti toisistaan riippuvaisia (Intensive interdependence). Tehtävien välisiä riippuvuuksia havainnollistetaan kuvassa 3.



Kuva 3. Suunnittelutehtävien väliset riippuvuudet sekä näiden vaikutus tiimityöskentelyyn ja kommunikoinnin tarpeeseen (Mukailtu Knotten ym. 2015)

Tunnistamalla suunnittelutehtävien välisiä riippuvuuksia on mahdollista löytää suunnittelun optimaalisen järjestyksen, jolloin puutteellisista edellytyksistä johtuvaa hukkaa voidaan vähentää merkittävästi. Tosin vaikka suunnittelun optimaalinen järjestys löytyisi, on olemassa ulkoisia tekijöitä, jotka pakottavat suunnittelua poikkeamaan sen optimaalisesta järjestyksestä. Tämän vuoksi suunnittelu kärsii usein puutteellisista edellytyksistä. Näitä ulkoisia tekijöitä ovat muun muassa rakentamisen tuotannon järjestys, esivalmistettavien

tuotteiden läpimenoaika sekä viranomaiset, jotka vaativat hankekohtaisesti erilaisia suunnitelmia hyväksyttäväksi. (Koskela & Huovila 1997) Ulkoisia ja sisäisiä tekijöitä on pyrittävä eliminomaan oikeanlaisella suunnittelun ohjauksella. Bølviken ym. (2010) korostavat Thompsonin (1967) havaintoja siitä, että prosessia pitäisi koordinoida eri tavalla riippuen tehtävien välisistä riippuvuuksista. Mikäli tehtävät ovat toisistaan riippumattomia, koordinoinnissa on korostettava vakiointia. Vakionnilla tarkoitetaan, tässä tapauksessa, rutiinien ja sääntöjen liittämistä osaksi suunnittelun ohjausta. Peräkkäiset tehtävät, jossa toinen vaikuttaa toiseen, on koordinoitava prosessin suunnittelulla. Prosessin suunnittelussa eli niin sanotussa ”suunnittelun suunnittelussa” panostetaan ennakoivaan suunnittelutehtävien aikataulutukseen. Keskinäisriippuvaiset tehtävät on koordinoitava osapuolten keskinäisellä yhteensovituksella. Yhteensovituksessa korostuvat osapuolten välinen ajantasainen tiedonvaihto.

Kuten edellä on mainittu, puutteellisista edellytyksistä aiheutuvaa suunnittelun hukkaa on mahdollista eliminoida oikeanlaisella suunnittelun ohjauksella. Näin ollen voidaan päätellä, että puutteelliset edellytykset eivät yksinomaan johdu suunnittelun sisältämästä epävarmuudesta, vaan myös suunnittelun puutteellisesta ohjauksesta (Koskela 2000, Koskela ym. 2002). Suunnittelun ohjausta toteutetaan usein projektihallintaperiaattein, jossa pääpaino on aikataulun, budjetin ja laadun valvomisessa. Tämä johtamistapa toimii virtaviivaisessa suunnittelussa, jossa piirustuksen valmistuminen aikataulussa ja suunnitteluun käytetty aika on suhteellisen helppo valvoa. Tosin suunnitelmien laatua on haastavampi valvoa, sillä sovitussa aikataulussa ja budjetissa tuotettu ratkaisu ei ole välttämättä tilaajan arvontuoton kannalta optimaalisin ratkaisu. (Knotten ym. 2015) Suunnittelun ohjaus ei ole kehittynyt vuosien varrella toivotulla tavalla, sillä siitä puuttuvat mittarit, joilla voidaan testata suorituskkyä ja asettaa tavoitteita seuraaville projekteille (Koskela & Huovila 1997). Suunnittelun ohjauksen monimutkainen luonne on myös vaikeuttanut sen kehittämistä (Pikas ym. 2018, Gray & Hughes 2001, Ballard & Koskela 1998). Suunnittelun ohjauksessa korostuvat sen kompleksiset sosiaaliset prosessit, jossa arvoa tuotetaan vuorovaikutuksellisin keinoin ja lopullisten päätösten seuraamukset voivat olla ennalta arvaamattomia (Knotten ym. 2015).

Suunnittelun ohjausta on toteutettava eri tavalla kuin rakentamisen tuotannon ohjausta. Suunnittelijoita on ohjattava tekemään useita suunnittelutehtäviä samanaikaisesti, jotta paras mahdollinen ratkaisu löydetään aikataulussa sekä budjetissa. (Ballard 1999) Knotten ym. (2015) väittävät suunnittelun painopisteiden, prosessin suunnittelun, suunnittelutiedon virtaustavan ja suunnittelun ohjauksen poikkeavan eri vaiheissa. Esimerkiksi toteutussuunnittelussa toimitettavat piirustukset ja tietomallit ovat selkeämpiä ja näin ollen helpompia ohjata kuin ehdotussuunnittelussa suunnittelijoiden luovasta mielestä esiin nousseet ideat tai kehittyvät konseptit.

Kuten edellä on todettu, suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä johtuu suunnittelun sisältämästä epävarmuudesta ja puutteellisesta suunnittelun ohjauksesta. Nämä puolestaan johtuvat useista eri syistä, joita on haastavaa eliminoida. On olemassa kuitenkin muutama vaihtoehto, joilla lähtötietopuutteista huolimatta suunnittelua voidaan jatkaa. (Koskela 2000, Koskela ym. 2002) Tyypillisesti suunnittelua jatketaan tekemällä oletuksia ja tarkistamalla oletusten paikkansapitävyys myöhemmin. Tämä menettely johtaa usein uudelleensuunnitteluun, jos oletukset todetaan myöhemmin virheellisiksi. Suunnittelija saattaa myös usein unohtaa tarkistaa oletusten paikkansapitävyyden myöhemmin tai ei vain kerkeä palata niihin. Näissä tapauksissa suunnitelmien välillä esiintyy usein ristiriitoja. Lähtötietopuutteita ja niistä aiheutuvia iterointikierroksia voidaan eliminoida vaihtoehtoisilla rakentamisen toteutustavoilla tai järjestelmällä suunnittelutehtävien välisiä rajapintoja

uudelleen. (Koskela 2004) Suunnitteluratkaisuja on mahdollista ylimitoittaa kestävästi kaikkia mahdollisia tulevaisuuden variaatioita. Tämä on tyypillistä perustusten suunnittelussa, kun rakennuksen aiheuttamaa lopullista kuormitusta ei tiedetä. Suunnitteluratkaisuja voidaan lukita myös pelkästään suunnittelun näkökulmasta, jolloin pääpaino on suunnittelun etenemisen kannalta parhaiden ratkaisujen löytämisessä. (Koskela & Huovila 1997) On muistettava, että nämä kaikki vaihtoehdot aiheuttavat todennäköisesti lisäkuluja, riskejä tai voivat vähentää ratkaisujen toimivuutta. Tämän vuoksi suunnittelun ohjauksessa on painotettava suunnittelun esteiden eliminointia ennaltaehkäisevästi. (Koskela 2004)

2.1.2 Suunnitelmien tarkastus

Prosessin pitäisi tuottaa luotettavia ja virheettömiä tuloksia ensimmäisellä työskentelykerralla (Kavanagh. & Krings 2011). Koska prosessin tuotoksen pitäisi olla virheetön, suunnitelmien tarkastus ja siihen sisältyvät tarkistus-, katselmointi- ja hyväksymistoiminnot ovat tarpeettomia ja näin ollen niitä voidaan luokitella hukaksi. Suunnitelmien tarkastustarpeet voidaan todeta johtuvan siitä, että osapuolet olettavat suunnitelmien sisältävän puutteita. Tilley (2005) tähdentää, että suunnitelmapuutteet ja -virheet johtuvat suunnittelun puutteellisista edellytyksistä sekä suunnittelun puutteellisesta ohjauksesta. Kyseessä on suunnitelmavirhe vain niissä tapauksissa, joissa epäonnistuneen suunnittelun tuotos johtuu tunnetun asian unohtamisesta tai laiminlyönnistä. Reinertsenin (1997) mukaan tiedonpuutteesta johtuvaa epäonnistunutta suunnitelmaa ei voida pitää suunnitelmavirheenä. Tarkastuksesta aiheutuvaa hukkaa on mahdollista eliminoida analysoimalla puutteiden ja virheiden syyt. Kun syyt ovat selvillä, niitä on mahdollista eliminoida kehittämällä tuotetta ja prosessia, jolloin vaihtelevuus vähenee. (Williams ym. 2006)

Kavanagh. & Krings (2011) mukaan tarkastustarpeet saattavat johtua myös prosessin sisältävästä sääntelystä. Esimerkiksi neljän eri allekirjoituksen edellyttäminen rutiininomaisen toiminnan hyväksymiseksi kasvattaa todennäköisesti prosessin hintaa enemmän kuin tuotteen arvoa. Tuotteen kierrättäminen useilla eri tarkastajilla saattaa pahimmassa tapauksessa jopa heikentää tuotteen arvoa, mikäli tarkastajat luottavat muiden tarkastavan tuotetta perusteellisemmin ja näin ollen suorittavat tarkastuksen pintapuolisemmin. Rakentamisen sääntelystä aiheutuvaa suunnitelmien tarkastushukkaa korostuu erityisesti lupavaiheessa, jolloin suunnitelmia hyväksytetään viranomaisilla (Koskela & Huovila 1997). Tämän vuoksi rakentamisen sääntelyn vähentämisellä on mahdollista eliminoida tarkastuksesta aiheutuvaa hukkaa.

2.1.3 Uudelleensuunnittelu

Suunnitelmaa joudutaan yleensä revisioimaan useita kertoja ennen kuin voidaan saavuttaa optimaalisinta ratkaisua. Iteroinnissa on pohjimmiltaan kyse suunnitelmien jatkuvasta parantamisesta joko korjaamalla tiedossa olevia ongelmia tai hiomalla suunnitelmia asiakasta paremmin palveleviksi. (Lucas ym. 2018) Tosin läheskään kaikki iterointi ei ole tarpeellista. Ne iterointikierrokset, jotka voidaan eliminoida tuotteen arvoa vähentämättä, luokitellaan hukaksi. Hukkaa tuottavaa iterointia nimitetään ”kielteiseksi” iteroinniksi tai uudelleensuunnitteluksi. (Ballard 2000b, Hickethier ym. 2012) Uudelleensuunnittelu on merkittävä hukkamuoto suunnittelussa (Koskela ym. 2002). Ballard (2000b) väittää että jopa 50 % suunnittelun ajasta kuluu tarpeettomaan uudelleensuunnitteluun. Lisäksi uudelleensuunnittelusta aiheutuvan suunnitelmamuutoksen hinta kasvaa eksponentiaalisesti

suunnittelun edetessä (Reinertsen 1997). Tämän vuoksi uudelleensuunnittelun vähentäminen tuottaa merkittävää potentiaalia prosessin parantamiselle (Koskela 1997).

Boon Hui Yap ja Skitmore (2018) toteavat uudelleensuunnittelun olevan useiden eri syiden lopputulema. Tutkimusten mukaan merkittävin syy on kuitenkin suunnitelmapuutteet, joita joudutaan korjaamaan jälkeinpäin uudelleensuunnittelemalla (Koskelan & Huovilan 1997, Formoso ym. 1998, Koskela ym. 2001, Boon Hui Yap & Skitmore 2018). Suunnitelmapuutteilla tarkoitetaan suunnitelmavirheitä, -puutteita ja ristiriitoja. Boon Hui Yapin ja Skitmoren (2018) mukaan keskeisin syy suunnitelmapuutteille on suunnittelun puutteellinen yhteensovitus. Myös Koskela ym. (2001) ovat päätyneet samaan johtopäätökseen tutkimuksessaan, jossa todetaan, että osapuolten välinen puutteellinen yhteensovitus aiheuttaa suunnitelmapuutteita. Tutkimuksessa on havaittu puutteellisen yhteensovituksen aiheuttavan myös suunnitelmaviivästyksiä, sillä puutteellinen yhteensovitus pidentää suunnittelutehtäviin käytettyä aikaa. Boon Hui Yap ja Skitmore (2018) mielestä suunnitelmien yhteensovittamisen vähäisyys heijastuu suoraan uudelleensuunnitteluun määrään. Lisäksi piirustusten puutteellinen koordinointi johtaa huomattavaan rakentamisaikaiseen muutossuunnitteluun. Puutteellinen yhteensovitus johtuu muun muassa osapuolten välisestä huonosta kommunikoinnista (Koskela ym. 2001, Boon Hui Yap ja Skitmore 2018). Kruus (2008) puolestaan toteaa puutteellisen yhteensovituksen johtuvan hankintavetoisesta suunnittelun ohjauksesta.

Formoso ym. (1998) toteaa, että vaihtelevuus ja epävarmuus ovat merkittävimpiä uudelleensuunnittelua aiheuttavia tekijöitä, etenkin suunnittelun alkuvaiheessa. Toisaalta Reinertsen (1997) väittää vaihtelevuuden lisäävän suunnittelun arvontuottoa. Koskela ym. (2002) ovat puolestaan yhtä mieltä Formoso ym. (1998) kanssa siitä, että epävarmuus on keskeisimmistä uudelleensuunnittelun syistä. Kuten on aiemmin todettu, suunnittelussa epävarmuus heijastuu puutteellisina edellytyksinä. Nämä puutteelliset edellytykset johtavat usein siihen, että suunnittelussa joudutaan tekemään oletuksia (Koskela 2004). Tehdyt oletukset saattavat osoittautua virheellisiksi, jolloin syntyy suunnitelmapuutteita ja -viivästyksiä. Suunnitelmapuutteiden korjauksesta aiheutuu puolestaan uudelleensuunnittelua. (Koskelan & Huovilan 1997)

Suunnitelmapuutteiden ja -viivästysten lisäksi uudelleensuunnittelua aiheuttavat yleensä suunnittelun aikaiset tai jälkeiset suunnitelmamuutokset (Reinertsen 1997, Kruus 2008, Boon Hui Yap & Skitmore 2018). Boon Hui Yap ja Skitmore (2018) mukaan suunnitelmamuutokset johtuvat osittain tilaajan vaatimusten muuttumisesta ja myöhäisistä päätöksistä. Merkittäviä tilaajan aiheuttamia muutoksia ovat esimerkiksi laajuusmuutokset. Päätökset kuuluvat puolestaan suunnittelun edellytyksiin, joten suunnitelmamuutosten voidaan todeta johtuvan myös puutteellisista suunnittelun edellytyksistä. Koskelan ja Huovilan (1997) mielestä suunnitteluprosessin läpinäkyvyyden puute on mahdollistanut tilaajan myöhästyneet päätökset ja muutokset. Suunnitelmamuutoksia saattavat aiheuttaa myös ennalta arvaamattomat seikat, kuten pohjaolosuhteet ja viranomaisvaatimukset (Boon Hui Yap & Skitmore 2018). Näitä voidaan puolestaan luokitella epävarmuustekijöiksi. Suunnittelun sisältämää epävarmuutta voidaan pienentää huomattavasti painottamalla aikaisia päätöksiä. Laajuutta ja vaatimuksia on määritettävä tarkoin, jotta suunnittelua sekoittavat laajuus- ja vaatimusmuutokset saadaan eliminoitua aikaisessa vaiheessa. (Koskela & Huovila 1997)

Song ym. (2009) mukaan uudelleensuunnittelua aiheuttavat suunnitelmamuutokset saattavat johtua myös urakoitsijan myöhäisistä muutosehdotuksista. He väittävät, että urakoitsijan myöhäiset muutosehdotukset johtuvat urakoitsijan myöhäisestä sitouttamisesta

hankkeeseen. Kruus (2008) mukaan urakoitsijan myöhäinen sitouttaminen korostuu perinteisissä kokonaishintaperusteisissa toteutusmuodoissa, jossa suunnittelu, päätöksenteko ja rakentaminen on erotettu toisistaan. Myös Ballard ja Koskela (1998) ovat todenneet suunnittelun ja rakentamisen erottamisen olevan rakentamisen ongelmien juurisyy. Kruus ym. (2006) mukaan perinteiset toteutusmuodot edellyttävät täydellisiä suunnitelmia hankintaan, jolloin suunnittelu joudutaan toteuttaa kerralla loppuun. Suunnitelmatarpeet vaihtelevat kuitenkin markkinatilanteen mukaisesti eri hankintamuodoilla ja toimittajilla, jolloin valmiin ja virheettömän suunnitelman toimittaminen on mahdollon. Lisäksi urakoitsijoilla on usein omia näkemyksiä rakennettavuudesta ja tämän vuoksi suunnitelmat on jouduttu usein muuttamaan. Näiden myöhäisten muutosten takia perinteisten toteutusmuotojen toteutussuunnittelussa kohdataan valitettavan usein viiveitä suunnitelma-toimituksissa sekä puutteita tai virheitä suunnitelmien sisällössä (Kruus 2008). Näin ollen Song ym. (2009) mukaan ylimääräisiä iterointikierroksia voidaan vähentää osallistamalla aikaisessa vaiheessa ne osapuolet, jotka perinteisesti tulevat kuvioon vasta myöhemmissä vaiheissa, mutta saattavat vaikuttaa ratkaisujen luonteeseen, kuten urakoitsijat (Early contractor involvement). Urakoitsijan tuoma toteutusosaaminen ja kustannustietoisuus ovat välttämättömiä suunnitteluratkaisujen kehittämisessä ja lukitsemisessa. Urakoitsija kykenee aikaisessa vaiheessa tunnistamaan ja ehkäisemään sellaiset riskitekijät, joihin perinteisissä toteutusmuodoissa ei päästä vaikuttamaan muutoin kuin hinnoittelemalla niitä tarjoukseen. Suunnitelmien kehittäminen ja välittömän palautteen saaminen parantaa lopputuotteen arvoa ja vähentää turhaa työtä. Jatkuva suunnittelijoiden ja urakoitsijan välinen vuorovaikutus mahdollistaa myös ratkaisujen pohtimista jo ennen kuin suunnittelua on viety liian pitkälle. (Tillmann ym. 2012)

Kruus (2008) väittää, että uudelleensuunnittelua aiheuttavat suunnitelmamuutokset saattavat johtua myös käyttäjän myöhäisistä muutosehdotuksista. Useat nykypäivän hankkeet käynnistetään vailla tietoa ensikäyttäjistä, jolloin käyttäjän ehdotukset ehditään huomioida vasta suunnittelun edetessä. Kruus ym. (2006) mukaan edellä mainittu menettely, jossa kaikki suunnitellaan kerrallaan, sopii näihin hankkeisiin heikosti. Kerralla toteutettu suunnittelu johtaa siihen, että toteutussuunnitelmia tuotetaan liian aikaisessa vaiheessa. Seurauksena käyttäjän suunnitelmamuutokset selviävät liian myöhään ja aiheuttavat virheellisiä suunnitelmia, uudelleensuunnittelua ja rakentamisessa lisätoita. Kruus (2008) mukaan käyttäjän myöhäisistä muutosehdotuksista aiheutuvaa hukkaa on mahdollista eliminoida jakamalla rakennus päätöksenteon kannalta hallittavimpiin osiin. Yksi vaihtoehto on avoimen rakentamisen mukainen malli, jossa rakennus jaetaan kiinteään perusosaan ja muuntuvaan tilaosaan. Kamara ym. (1997) puolestaan toteavat, että suunnittelun ja rakentamisen limittäminen mahdollistaa epävarmuustekijöihin reagoimisen, sillä lopullisia suunnitteluratkaisuja pyritään lukitsemaan vasta viimeisellä mahdollisella hetkellä (Last Responsible Moment). Kun taas Tillmann ym. (2012) väittävät, että tilaajan, käyttäjän, suunnittelijan ja urakoitsijan tiivis yhteistyö heijastuu suunnitelmina, jotka palvelevat käyttäjää, mutta samalla huomioivat tilaajan reunaehdot ja teknisiä seikkoja kuten rakennettavuutta ja huolettavuutta.

2.1.4 Tiedon siirtyminen

Suunnittelussa on useita eritaustaisia asiantuntijoita, joiden mielipiteet on huomioitava jatkuvasti kokonaisratkaisujen kehittämisessä (Gray & Hughes 2001). Tämän vuoksi suunnittelun oleellinen osa on jatkuva keskustelu, jossa osapuolilla on mahdollista vaihtaa tietoa virtaviivaisesti. Tosin jatkuva uudelleenkeskustelu asioista, jotka ovat jo selvitetty tai päätetty, on puhdasta ajan ja aivotoiminnan hukkaa. Tämä on tyypillinen ongelma

perinteisissä suunnittelun ohjauskäytännöissä, jossa osapuolet tapaavat toisiaan vain suunnittelukokousten aikana. Asioita unohtuu kokousvälien aikana ja keskeiset osapuolet saattavat olla poissa yksittäisistä kokouksista, jolloin asioita joutuu kertaamaan. (Aasland & Blankenburg 2012) Osapuolia saatetaan pitää pimennossa suurimman osan ajasta ja ajantasaista tietoa saadaan vasta suunnittelukokousten yhteydessä. Tämän vuoksi voidaan todeta, että tiedon siirtymisessä syntyvä hukka on osittain peräisin suunnittelun ohjauksen läpinäkyvyyden puutteesta. (Koskela ym. 1997) Tiedon siirtymiseen käytettyä aikaa ja vaivaa voidaan vähentää merkittävästi sijoittamalla osapuolet yhteiseen tilaan, jossa heillä on mahdollisuus työskennellä yhdessä samanaikaisesti (Reinertsen 1997). Tiedon siirtymistä ja osapuolten välistä keskustelua voidaan edistää myös järjestelmällä suunnittelutehtäviä uudelleen ja limittämällä niitä (Formoso ym. 1998, Kruus 2008). Kruus (2008) tähdentää, että edellä mainittujen tehtävien välisten riippuvuuksien ymmärtäminen on kriittinen näiden järjestämisen ja limittämisen kannalta. Tehtävien limittämisessä voidaan hyödyntää Kruusin mukaan neljää eri tekniikkaa:

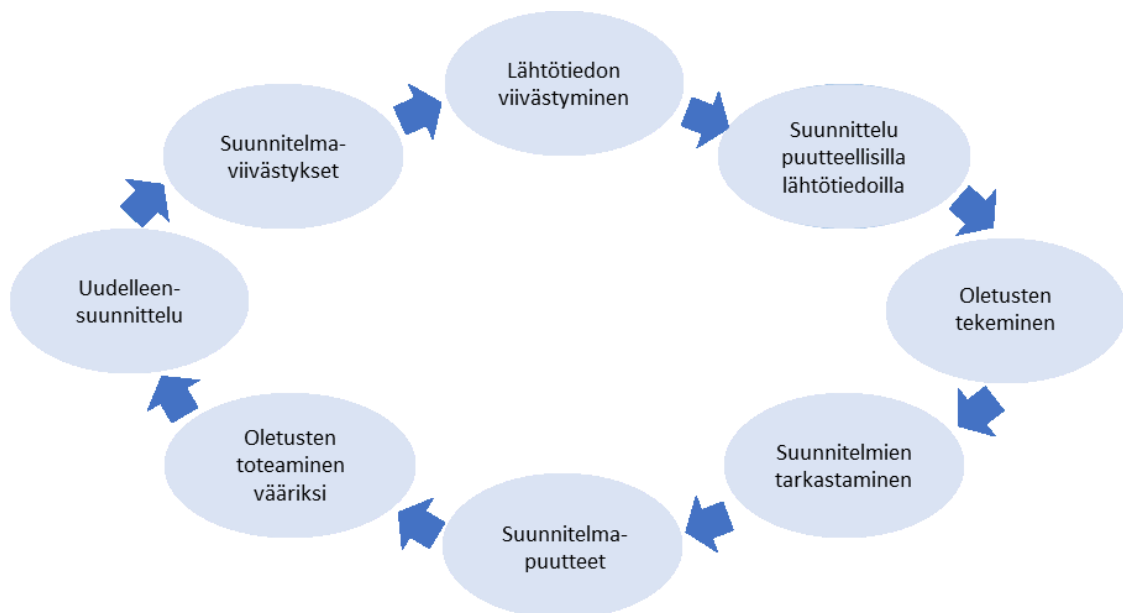
- 1) Tehtävän aloitus perustuen edeltävän tehtävän alustaviin lähtötietoihin (Iterative Overlapping).
- 2) Tehtävän aloitus kaikilla edeltävän ja keskeneräisen tehtävän lähtötiedoilla (Preemptive Overlapping).
- 3) Tehtävien jakaminen pienempiin osakokonaisuuksiin, joista lähtötiedot jäljempää tehtävää varten toimitetaan erikseen (Divisive Overlappin tai No Overlapping).
- 4) Tehtävän aloitus ensin alustavilla tiedoilla ja lopulliset tiedot toimitetaan myöhemmin kahdessa vaiheessa. (Distributive Overlapping).

2.1.5 Tiedon odottelu

Tiedon odottelu on puhdasta hukkaa, jota pitäisi eliminoida prosessista. Merkittävä syy tiedon odotteluun on sen viivästyminen. (Koskela & Huovila 1997) Kuten edellä on todettu, suunnittelun ohjauksen läpinäkyvyyden puute on aiheuttanut hukkaa tiedon siirtymisessä. Tiedon siirtymisen hukka on puolestaan heijastunut tiedon viivästyksinä. (Koskela ym. 1997) Ballard (1999) toteaa tutkimuksessaan, että suurimmat syyt tehtävien viivästykselle ovat epäonnistuminen valmiin tehtävän edellytysten ja reunaehtojen tunnistamisessa sekä aikaisempien virheiden oppimisessa. Reinertsen (1997) puolestaan väittää, että yksi merkittävimmistä syistä tiedon myöhästymiselle ja pitkille odotusajoille on tietojen toimittaminen liian suurissa erissä. Luonnollinen ratkaisu ongelmaan olisi suunnittelutoimitusten jakaminen pienempiin osiin. Pilkkomalla suunnittelutehtävät helpottuvat myös niiden aikataulutus. (Koskela & Huovila 1997) Menettelyn mahdollistaa suunnitelmien toimittamisen pienemmissä erissä (Ballard & Koskela 1998). Se auttaa myös Milesin (1998) ja Koskela ja Huovila (1997) tutkimuksissa osoitettuun ongelmaan, jossa suunnittelutehtävien myöhästymisen suurin syy on tehtävän keston aliarviointi. Merkittävä syy tiedon myöhästymiselle on myös tilaajan tai käyttäjän päätöksentekoprosessin monimutkaisuus. Kuten edellä on todettu, päätöksentekoprosessin monimutkaisuus johtuu asiakkaan monimuotoisesta organisaatiosta, jossa osapuolilla saattaa olla ristiriitaisia mielipiteitä (Tilley 2005, Pikas ym. 2018). Tämä on tyypillistä suunnittelussa, jossa tuote on ainutkertainen. Kyseistä ongelmaa voidaan lieventää integroimalla käyttäjää ja tilaajaa sekä niiden päätöksentekoa suunnittelun prosessiin. (Koskela 1997)

2.1.6 Yhteenveto suunnittelun hukasta

Suunnittelun hukkaluvun tavoitteena oli luoda kattavan kirjallisuuskatsauksen suunnittelun hukkamuodoista ja niiden syistä sekä toimintatavoista, joilla kyseisiä hukkamuotoja on mahdollista eliminoida. Kirjallisuuden mukaan hukka on kaikenlaista toimintaa, jota voidaan eliminoida tuotteen arvoa vähentämättä (Koskela & Huovila 1997). Kirjallisuudessa tunnistettuja suunnittelun hukkamuotoja ovat suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä, tiedon siirtyminen, tiedon odottelu, uudelleensuunnittelu ja suunnitelmien tarkastus. Kirjallisuuden perusteella havaittiin, että näille hukkamuodoille on olemassa useita eri syitä. Eri hukkamuotojen ja syiden välillä on kuitenkin havaittavissa selkeitä syklisiä kausaliitteita, joista yksi esimerkki on havainnollistettu kuvassa 4. Kirjallisuuden perusteella on olemassa useita hukkaa eliminovia toimintatapoja. Kirjallisuusselvityksessä tunnistetut hukkamuodot ja niiden syyt sekä toimintatavat hukkamuotojen eliminointiin on kiteytetty luvussa 2.4. Näiden lisäksi on olemassa vielä sovellutuksia, joilla hukkamuotoja on mahdollista eliminoida. Tutkimuksen kannalta keskeisiä sovellutuksia käsitellään luvuissa 2.2 ja 2.3.



Kuva 4. Esimerkki eräiden hukkamuotojen ja niiden syiden välisestä syklisestä kausaliitteesta

2.2 Lean suunnittelun ohjaus

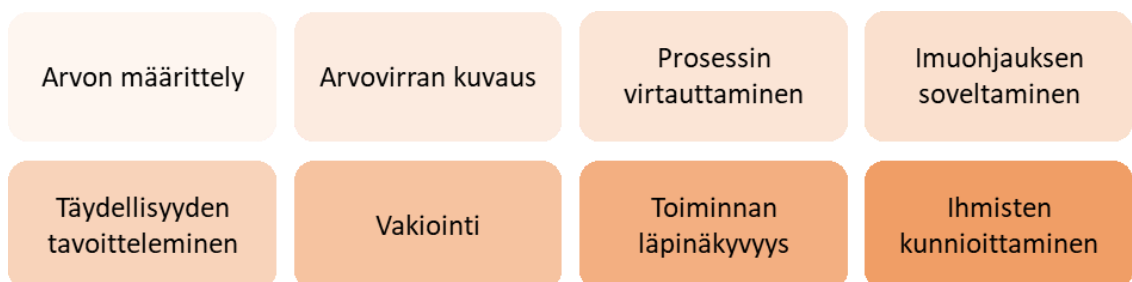
Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli tutkia, miten Lean suunnittelun ohjauksella on mahdollista eliminoida toteutus suunnittelussa esiintyvää hukkaa. Koskelan (1992) mielestä rakennusalan suunnittelussa esiintyy paljon hukkaa eri muodoissa. Hän esittelee Lean filosofian ja sen pohjalta luotujen sovellutusten käyttöä rakennusalan yhtenä keinona tehostaa hukan eliminointia. Uusitalo ym. (2017) mukaan näiden soveltamista suunnittelun ohjaukseen tunnetaan termillä Lean suunnittelun ohjaus (LDM – Lean Design Management). Lean suunnittelun ohjaus sisältää useita sovellutuksia, joiden oikeaoppinen käyttö organisaatioiden suunnittelun ohjauksessa edellyttää ensin Lean -johtamisfilosofian eli Lean periaatteiden, kulttuurin ja toimintatapojen sisäistämistä (Hines ym. 2004, Holweg 2003, Liker 2010, Marksberry 2011, Pekuri ym. 2012). Tämän vuoksi lukua on jäsennelty siten, että ensin käsitellään Lean-johtamisfilosofiaa ja sen soveltamista rakennusalan

organisaatioissa. Lopuksi käsitellään suunnittelun ohjausprosessia Leanin näkökulmasta sekä Lean suunnittelun ohjauksen sovellutuksia.

2.2.1 Lean johtamisfilosofia

Polatin ja Ballardin (2004) mukaan rakennusalaalla esiintyy paljon hukkaa, koska alalla ei ole omaksuttu Leanin filosofiaa. Termi *Lean* tarkoittaa englanniksi ”hoikka, vähärasvaista, laiha”. Lean johtamisfilosofia syntyi vuonna 1988, kun MIT tutkija John F. Krafcik esitteli tutkimuksessaan Japanilaisen *Toyotan tuotannonjärjestelmän* (TPS – Toyota Production System). (Krafcik 1988) Tuotannonjärjestelmän kehitti Toyotan insinööri Taichii Ohno, joka oli omistautunut prosessin hukan poistamiseen. Lean-johtamisfilosofiassa on yksinkertaisesti kyse asiakkaan arvon maksimoinnista eliminoimalla prosessissa esiintyvää hukkaa (Howell 1999). Sekä arvo- että hukkakonseptit ovat keskiössä filosofiassa, joten niiden sisäistäminen on edellytys filosofian soveltamiselle (Jørgensen & Emmitt 2008).

Womackin ja Jonesin (1996) mukaan Lean on yksinkertaisesti sitä, että tehdään enemmän pienemmillä resursseilla. Tavoitteena on tuottaa lopulliselle asiakkaalle juuri sen mitä hän on halunnut kuluttamalla tähän mahdollisimman vähän vaivaa, energiaa, välineitä, aikaa, tilaa, materiaaleja ja pääomaa. Tätä saavuttaakseen on Womackin ja Jonesin (1996) mukaan on sovellettava viittä peruseriaatetta, joita Pekuri ym. (2012) ovat täydentäneet kolmella lisäperiaatteella. Lean -filosofian peruseriaatteet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Lean -filosofian peruseriaatteet (mukailtu Womack & Jones 1996, Pekuri ym. 2012)

Arvon määrittäminen

Lean-filosofiassa loppuasiakas on aina keskiössä ja arvo on sitä mitä loppuasiakas kokee arvokkaaksi. Lähtökohtana on, että kaikki palvelua vastaanottavat osapuolet ovat asiakkaita, mutta arvoa määritetään ainoastaan loppuasiakkaan näkökulmasta. (Jørgensen & Emmitt 2008) Womackin ja Jonesin (1996) mukaan arvokriteereitä on määritettävä yksittäiselle tuotteelle tietyllä hetkellä. Rakentamiseen tämä ajattelutapa ei päde suoraan, sillä loppuasiakas ei ole välttämättä vain tilaaja vaan myös käyttäjä. Lisäksi rakennus tuottaa arvoa ja hukkaa tyypillisesti pitkällä aikavälillä, jolloin tuotteen arvomäärittelyä ei voi sitoa yksittäiseen hetkeen. (Jørgensen & Emmitt 2008)

Arvovirtakuvaus

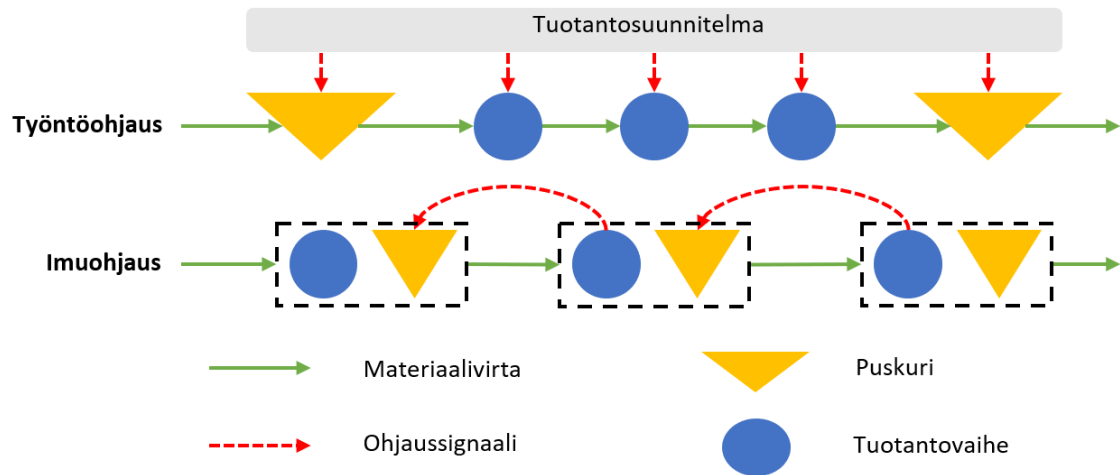
Arvovirtakuvauksessa (VSM – Value Stream Mapping) hahmotetaan sitä prosessia eli arvoketjua, jolla raaka-aine muuttuu lopputuotteeksi. Prosessin hahmottaminen helpottaa tunnistamaan koko toimitusketjun sisältämä hukka ja arvo. (Womack & Jones 1996) Arvovirtakuvauksessa on olennaista ymmärtää organisaation sisäiset ja ulkoiset toimitusketjut. Toisin kuin perinteisessä toimitusketjun kuvaamisessa, arvovirtakuvaukseen ei sisälly kaikki toimitusketjun toiminnot vaan ainoastaan ne osat, jotka tuottavat arvoa asiakkaalle toimitettavalle tuotteelle tai palvelulle. (Hines & Rich 1997) Prosessin arvovirran tunnistamisessa toimintoja luokitellaan arvoa tuottamattomiksi, tarpeellisiksi mutta arvoa tuottamattomiksi sekä arvoa tuottaviksi. Näistä ensimmäinen on puhdas hukka, jota on eliminointava kokonaan pois prosessista. Tarpeellinen mutta arvoa tuottamaton toiminto luokitellaan myös hukaksi. Kyseisen hukan poistaminen edellyttää kuitenkin merkittäviä muutoksia prosessiin, kuten prosessin virtauttaminen, imuohjauksen soveltaminen sekä täydellisyys tavoittelemisen. (Womack & Jones 1996)

Virtauksen luominen

Kun arvoketju on tunnistettu, luodaan siitä virtautettu prosessi (Flow). Prosessin virtauksessa on pohjimmiltaan kyse tuotteen kulkemisesta prosessissa saumattomasti pysähtymättä tai muodostamatta keskeneräisiä varastoja. Virtauksessa hukkaa eliminoidaan tasapainottamalla resursseja sekä poistamalla epäjatkuvuutta, vaihtelevuutta ja pullonkauloja. (Pekuri ym. 2012) Virtauksessa on olennaista hahmottaa arvovirtaa kokonaisuutena ja pyrkimään vähentämään osastojen välisiä rajoja. Virtautettu prosessi on mahdollista luoda tahdistamalla prosessia asiakkaan tarpeiden mukaisesti, jolloin jokainen tahti (Takt) mitoitetaan ajallisesti samanpituisiksi. Virtautettu prosessi edellyttää, että kaikki työn edellyttämät resurssit ovat käytettävissä jatkuvasti. Lisäksi kaikkien työntekijöiden on oltava jatkuvasti perillä tuotannon tilanteesta. (Womack & Jones 1996)

Imuohjauksen soveltaminen

Imuohjauksessa (Pull) tuotantoa käynnistetään vasta kun asiakas pyytää sitä. Toisin kuin perinteisessä työntöohjauksessa (Push), jossa ennalta tehty tuotantosuunnitelma ohjaa tuotantoa, imuohjauksessa seuraava vaihe antaa tarpeen mukaan tuotantosignaalin edeltävälle vaiheelle. (Olhager & Östlund 1990) Toimitusketju päättyy aina asiakkaalle toimitettavaan tuotteeseen tai palveluun, joten imuohjauksessa ensimmäinen ohjaussignaali tulee asiakkaalta. Imuohjauksella pyritään välttämään varastointia valmistamalla tuotetta juuri oikeaan aikaan (JIT). (Womack & Jones 1996) Puhtaan imuohjauksen toteuttaminen on erittäin monimutkainen, sillä perinteinen tuotanto ei kykene valmistamaan tuotetta alusta loppuun tarpeeksi nopeasti. Todellisuudessa tuotanto edellyttää virtautettua prosessia sekä tuotteen esivalmistusta ja varastointia. Tämän vuoksi tuotannossa hyödynnetään yleensä mallia, jossa työntö- ja imuohjaus on yhdistetty. (Olhager & Östlund 1990) Imu- ja työntöohjauksen erot on havainnollistettu kuvassa 6.



Kuva 6. Esimerkki imu- ja työntöohjauksen eroista (muokailtu Olhager & Östlund 1990)

Jatkuvan parantamisen kulttuuri

Täydellisyys tavoittelemisen jatkuvalla parantamisella kuvataan japaniksi sanalla *Kaizen*. Kyseessä on yhdyssana, jossa *Kai* tarkoittaa muutosta ja *zen* tarkoittaa parempaan suuntaan. Kaizenissa täydellisyyttä tavoitellaan jatkuvilla ja pienillä parannuksilla ison tuottavuusharppauksien sijaista. Tällä menettelyllä varmistetaan, että kehittyminen on pysyvää eikä jää tilapäiseksi. (Singh & Singh 2009) Lean-ajattelun mukaan täydellistä prosessia ei ole koskaan olemassa, vaan prosesseja voi aina parantaa. Tämän vuoksi prosessia on pyrittävä jatkuvasti parantamaan tunnistamalla ja eliminoimalla hukkaa systemaattisesti. Keskeinen kaizenissa noudatettava työkalu on *deminingin laatuympyrä*, joka tunnetaan myös nimillä *PDCA*- tai *PDSA*-sykli. Laatuympyrä alkaa suunnitteluvaiheella (Plan), jossa määritetään ongelmat ja millä toimenpiteillä niitä pyritään ratkaisemaan. Tämän jälkeen toteutetaan suunnitellut toimenpiteet (Do) ja analysoidaan toimenpiteiden vaikutukset (Study). Toimiviksi todetut toimenpiteet vakioidaan (Act) ja prosessi aloitetaan alusta. (Moen & Norman 2006)

Vakiointi

Jatkuva parantaminen edellyttää Lander ja Liker (2007) mukaan vakioitua prosessia. Jos hankkeen työskentelytapa ei ole vakioitu, uuden hankkeen työskentelytapa on yksinkertaisesti vain yksi harjoiteltava versio lisää. Aapaoja ja Haapasalo (2014) väittävät, että vakioitu ja ennustettava prosessi on oleellisin tekijä Lean kulttuurin tavoitteiden saavuttamisessa. Ainutlaatuisia projekteja on johdettava kuin toistuvaa prosessia, koska vakiointi on riippuvainen toistuvasta, kitkattomasta ja muuttumattomasta tahdistä. Gibb ja Isack (2001) ovat todenneet, että vakioidulla prosessilla voidaan vähentää kuluja, parantaa laatua ja ehkäistä ongelmia. Vakioitu prosessi parantaa myös prosessin läpinäkyvyyttä, sillä jokainen osapuoli ymmärtää mitä vaaditaan keneltä ja mihin mennessä. Aapaoja ja Haapasalo (2014) toteavat Lean-periaatteiden soveltamisen edellyttävän vakioitujen prosessien lisäksi myös tuotteiden vakiointia. Vakioiduilla tuotteilla voidaan säästää kuluja, lyhentää läpimenoaikaa ja parantaa laatua. Vakioitu prosessi ja tuote ovat myös syy-yhteydessä toisiinsa, sillä vakioitu tuote on yleensä vakioidun prosessin tulos.

Toiminnan läpinäkyvyys

Jatkuvan parantamisen toinen edellytys on läpinäkyvä prosessi. Kun toiminta on läpinäkyvä, on helppo havaita ongelmia ja puuttua niihin välittömästi. Puuttamalla ongelmiin välittömästi, ehkäistään viallisen tai puutteellisen tuotteen joutumisesta asiakkaalle. Toiminnalla ehkäistään myös ongelmien kasaantumista. Läpinäkyvän toiminnan edellytys on visualisointi, joka tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaikki prosessin keskeiset tuotokset, päätökset ja muu tieto dokumentoidaan yhteiselle alustalle kaikkien nähtäväksi. Tavoitteena on, että yhdellä vilkaisulla voi nähdä, mitä kyseisessä prosessissa tapahtuu sillä hetkellä. Menettely on osa *Jidoka*-periaatetta, jossa prosessin poikkeamiin reagoidaan välittömästi pysäyttämällä tuotanto, analysoimalla poikkeaman juurisyyt ja suorittamalla tarvittavat korjaukset. *Jidoka*ssa nämä kaikki tehdään yhdessä, jotta virheistä otetaan opiksi ja mahdollistetaan jatkuvan parantamisen kulttuuria. (Liker & Morgan 2006) Mahdollisen poikkeaman tunnistaminen edellyttää vakioitua prosessia ja tuotetta, koska jos kumpikaan ei ole vakioitu, on vaikea erottaa epänormaalia normaalista. (Aapaoja ja Haapasalo 2014)

Ihmisten kunnioittaminen

Lean-johtamisfilosofiassa painotetaan ihmisten kannustamista ja motivointia. Työntekijöiden ja toimittajien ammattitaitoa arvostetaan ja niitä hyödynnetään päätöksenteossa. Lean kulttuurin lähtökohta on, että työntekijät ymmärtävät työnsä merkittävyyden. (Pekuri ym. 2012) Työntekijät eivät tule olemaan motivoituneita poistamaan hukkaa, jos niitä ei osallisteta prosessiin ja päätöksentekoon. Toyotan jatkuva menestyminen johtuu osittain liiketoimintafilosofiasta, jossa ihmisten motivaatiota ymmärretään syvällisemmin. Toyotan tuotantojärjestelmä painopisteenä eivät ole työkalut ja menetelmät, vaan ihmiset ja niiden toimintatavat, jotka näin ollen yhdessä muodostavat tehokkaan organisaation. (Marksberry 2011)

2.2.2 Leanin soveltaminen rakennusalan organisaatioissa

Hines ym. (2004) mukaan Leania voidaan jakaa strategiseen ja operatiiviseen tasoon. Strategisella tasolla painottuu Lean-johtamisfilosofian eli Lean-periaatteiden ja asiakas-keskeisyyden sisäistäminen. Operatiiviseen tasoon sisältyvät Lean periaatteiden perustella luotujen sovellutusten käyttö. Monet organisaatiot ovat epäonnistuneet Leanin käyttöönotossa, sillä he ovat keskittyneet ainoastaan operatiiviseen tasoon, kuten kustannustehokkuuteen, toimitusvarmuuteen ja laatuun. (Holweg 2003) He kuvittelevat virheellisesti Leanin olevan vain joukko työkaluja ja tekniikoita, jolloin periaatteet, kulttuuri ja toimintatavat, johon nämä työkalut ja menetelmät perustuvat jäävät usein huomioimatta (Pekuri ym. 2012). Nämä organisaatiot ovat unohtaneet kokonaan strategisen näkemyksen, kuten asiakkaan arvon tunnistamisen ja tuottamisen sekä jatkuvan parantamisen kulttuuri (Holweg 2003). Tämän vuoksi useimmissa tapauksissa organisaation kulttuuria epäonnistutaan muuttamaan sellaiseksi, joka kannustaa ihmisiä ja edistää Leanin filosofiaa (Pekuri ym. 2012).

Joissain organisaatioissa Leania on otettu käyttöön pelkästään kopioimalla Toyotan kehittämiä menetelmiä ja työkaluja. Menettelyllä on toki mahdollista luoda Leania muistutettava organisaatio, mutta Leanin todellinen hyöty jää usein osittaiseksi ja hetkelliseksi sekä pahimmassa tapauksessa aiheuttaa jopa hankaluuksia. Toyotan kehittämät menetelmät ja

työkalut eivät useimmissa tapauksissa suoraan sovellu toiseen yritykseen, sillä ne perustuvat ainoastaan Toyotan yksilöllisiin tarpeisiin. Menetelmät ja työkalut saattavat olla myös vanhentuneita, koska ne pohjautuvat ainoastaan sen hetken ongelmiin ja niiden parhaisiin ratkaisuihin. (Liker 2010)

Jokaisen Leania jalkauttavan organisaation on ensin sisäistettävä, minkälaiseen kulttuuriin Toyotan tuotannonjärjestelmä pohjautuu. Toimintakulttuuria ja periaatteita on hyödynnettävä yritysکوhtaisten menetelmien ja työkalujen kehittämisessä. (Marksberry 2011) Oleellista on ymmärtää miten ja mitkä periaatteet, toimintatavat ja työkalut soveltuvat organisaation tarpeisiin, eikä pitää Lean-filosofiaa suorana menestyksen reseptikirjana. Leania on omaksuttava kokonaisvaltaisena johtamisen filosofiana, jonka kilpailukyinen etu edellyttää pitkäjänteisen sitoutumisen. (Pekuri ym. 2012)

Leanin jalkauttaminen rakennusosalalla on haastava, sillä hankkeiden organisaatiot ovat väliaikaisia, projektit ovat yksilöllisiä ja osapuolilla on usein erilaisia taustoja ja intressejä. (Ballard & Koskela 1998) Pekuri ym. (2012) mukaan Leanin jalkauttaminen rakennusosalalla edellyttää viiden kulmakiven sisäistämistä:

- *Johtajuus* tarkoittaa, että esimiesten ja päälliköiden on oltava sitoutuneita oppimaan ja ymmärtämään mitä Lean tarkoittaa ja muuttamaan käyttäytymistä sen mukaisesti. Heidän on johdettava esimerkillä, varmistaen samalla, että alaiset ja muut osapuolet omaksuvat uuden toimintatavan. Lisäksi johdon on varattava riittävät resurssit oppimisen edistämiseksi.
- *Pätevyys* tarkoittaa, että organisaatiossa on oltava henkilöitä, joilla on kokonaisvaltainen ymmärrys ja kokemus Leanista. Henkilön on oltava valmis auttamaan muita näkemään asioita Leanin näkökulmasta ja omistautunut Leanin edistämiseen hankkeissa.
- *Ihmiset* ovat keskiössä Leanin jalkauttamisessa, koska todelliset hyödyt saavutetaan vasta, kun kaikki hankkeen osapuolet, kuten tilaaja, urakoitsijat ja suunnittelijat sitoutuvat oppimaan uusia ja yhteistoiminnallisia työskentelymuotoja. Organisaatioiden muodostamisessa on painotettava osapuolten sosiaalisia taitoja ja kehittää niitä hankkeen aikana erilaisilla harjoituksilla, sillä hankkeet koostuvat väliaikaisista organisaatioista.
- *Luottamus* ja sen rakentaminen hankkeen osapuolten välillä on tärkeä lähtökohta Leanin jalkauttamiselle. Alalla kehitetyt yhteiset sopimus- ja kannustinmallit ovat työkaluja osapuolten välisten intressien tasapainottamiselle ja luottamuksen rakentamiselle, mutta yksinään ne eivät ole riittäviä. Hankkeessa on oltava aina yksi johtaja, joka ajaa hankkeen kokonaistavoitteita ja samalla varmistaa, ettei osaopintimointia tapahdu.
- *Motivaatio* on edellytys uusien toimintatapojen oppimiselle. Erilaiset kannustimet ovat motivoivia, mutta jatkuvan parantamisen kulttuurin luominen edellyttää myös ihmisten osallistamista ja ongelmien käsittelyä avoimesti.

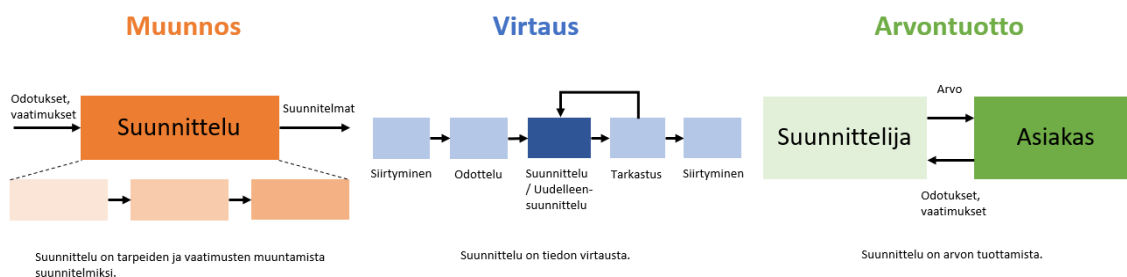
2.2.3 Suunnittelun prosessi Leanin näkökulmasta

Ballardin ja Koskelan (1998) mielestä perinteiset suunnittelun ohjauksen menetelmät ovat sirpaloituneita, koska niiltä puuttuu vankka teoriapohja. Teorian puute on aiheuttanut sitä, että alalla on kehitetty useita menetelmiä, joihin on ajautettu yleisesti sovittujen käytäntöjen kautta. Vajavaiseen teoriaan pohjautuvat menetelmät aiheuttavat ongelmia käytännön soveltamisessa, sillä teoriaa ei voi haastaa, yleistää tai ottaa uudelleen

käyttöön. (Koskela 2000) Sen sijaan että etsitään erilliset ratkaisut erilaisiin ongelmiin, on alan kehittämisen lähtökohtana oltava nykyisen ajattelumallin muuttaminen (Koskela 1992).

Perinteiset suunnittelun ohjauksen menetelmät perustuvat ainoastaan muunnosmalliin (Transformation). Muunnosmallissa oletetaan, että työ voidaan jakaa osiin, joita voidaan ohjata ja tehostaa erillään toisistaan (WBS). Suunnittelussa useat tehtävät ovat kuitenkin vahvasti toisistaan riippuvaisia, jolloin tehtävien ohjaaminen erillään toisistaan, tuottaa ongelmia. (Ballard & Koskela 1998) Tehostamalla yksittäisiä osia saatetaan pahimmassa tapauksissa jopa vahingoittaa prosessin virtaustehokkuutta (Koskela 1992) Muunnosmallissa suunnittelu nähdään peräkkäisprosessina, jossa tarpeet ja vaatimukset muunnetaan päätöksillä ja ongelmanratkaisulla tuotekuvauksiksi. (Bølviken ym. 2010) Malli jättää myös huomioimatta muunnosprosessin sisällä tapahtuvia hukkatointintoja ja luokittelee ne virheellisesti arvoa tuottaviksi toiminnoiksi. (Koskela 1992) Tämän vuoksi perinteinen muunnosmalli johtaa usein heikkoon prosessiin ja yhteistyöhön. (Ballard & Koskela 1998)

Ballard ja Koskela (1998) ehdottavat, että suunnittelua pitäisi tarkastella muunnoksen lisäksi samanaikaisesti myös virtauksen (Flow) ja arvon tuoton (Value generation) näkökulmasta (Kuva 7.). Tätä lähestymistapaa kutsutaan TFV-teoriaksi. Virtauksen näkökulmasta suunnittelu on prosessi, jossa tieto virtaa eri vaiheiden välillä. (Bølviken ym. 2010) Arvontuoton näkökulmasta suunnittelu tuottaa asiakkaalle arvoa täyttämällä asiakkaan asettamat tarpeet ja vaatimukset (Ballard & Koskela 1998).



Kuva 7. Suunnittelun prosessi TFV-teorian näkökulmasta (mukailtu Koskela & Huovila 1997)

Perinteisessä muunnosmallin mukaisessa suunnittelun ohjauksessa keskitytään koko prosessin tehokkuuden parantamiseen, kun taas TFV teoria lähtee siitä, että vain arvoa tuottavaa työtä on tehostettava ja loput arvoa tuottamattomat toiminnot eli hukkatointinnot on eliminotava kokonaan pois prosessista. (Koskela & Huovila 1997) Tämän vuoksi suunnittelun ohjauksen pääpaino on oltava asiakkaan arvon maksimoinnissa, vähentämällä arvoa tuottamattoman työn osuutta. Suunnittelun ohjaukseen tarvitaan sovellutuksia, jotka integroivat muunnos-, virtaus- ja arvontuoton näkökulman (Ballard & Koskela 1998).

2.2.4 Lean suunnittelun ohjauksen sovellutukset

Lean johtamisfilosofian soveltaminen rakennusosalalle on synnyttänyt joukon uusia tehokkaita sovellutuksia suunnittelun ohjaukseen. Uusitalo ym. (2017) ovat tutkimuksessaan tunnistaneet 16 eri sovellutusta, joita heidän mukaansa voidaan luokitella työkaluiksi, menetelmiksi tai sosiaalisiksi prosesseiksi. Tässä tutkimuksessa käsitellään ainoastaan ne

sovellutukset, jotka ovat keskeisiä kirjallisuusselvityksessä tunnistettujen hukkamuotojen eliminoimisessa. Tarkasteltavia sosiaalisia prosesseja ovat *Last Planner System (LPS)*, *Collaborative Design Management (CDM)*, *Big Room ja Integrated Concurrent Engineering (ICE)*. Tarkasteltavia menetelmiä ovat puolestaan *Level of Development (LOD)* ja *joukkopohjainen suunnittelu (SBD)* sekä työkaluja ovat *riippuvuusmatriisi (DSM)* ja *keskustelumatriisi (DM)*.

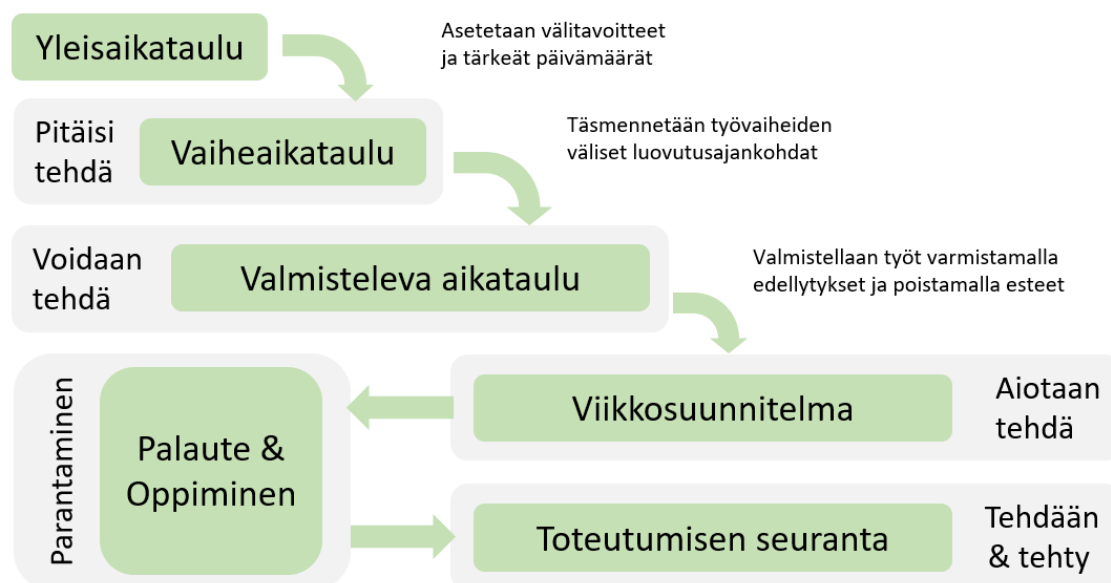
Last Planner System

Yhdysvalloissa 1990-luvulla iteratiivisesti kehitetty Last Planner -prosessi (LPS – Last Planner System) painottuu rakentamisen tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen (Koskela & Howell 2002). Prosessi pohjautuu hierarkkiseen rakenteeseen, jossa yleiset hankekohdattaiset tavoitteet ja rajoitukset ohjaavat tarkempaa tuotannonsuunnittelua (Ballard 2000c). Se osapuoli, joka viimekädessä vastaa toteutuksen toimeenpanosta toimii niin kutsuttuna ”Last Plannerina” (Howell & Koskela 2000). LPS:ssä keskitytään jatkuvan parantamisen kulttuurin luomiseen, yhteiseen tuotannonsuunnitteluun, osapuolten sitouttamiseen sekä työn virtauksen luotettavuuden parantamiseen (Seppänen ym. 2010).

Prosessin kehitystarve syntyi tutkijoiden havaitessa, että yleensä vain noin puolet viikko-tehtävistä toteutuu aikataulussa. On myös havaittu, että työn tuottavuus vaihtelee suuresti suorituksen aikana johtuen tehtävään liittyvistä aloitus- ja lopetusongelmista sekä suorituksen aikana ilmaantuneista ongelmista. Tämän vuoksi Last Plannerin keskeinen osa on viikkosuunnitelman laatiminen ja valvonta. (Koskela & Koskenvesa 2003) Pääperiaatteena on, että viikkosuunnitelmaan otetaan vain tehtävät, joiden aloitusedellytykset ensin on varmistettu (Ballard & Howell 1994).

Last Planner -prosessi eroaa perinteisistä tuotannonohjausmenetelmistä suunnittelun, toteutuksen ja valvonnan osalta. Tuotannonsuunnittelussa tehtäviä jaetaan hierarkkisesti kolmeen tasoon: *tehtävät, jotka pitäisi suorittaa (Should)*, *tehtävät, jotka voidaan suorittaa (Can)* sekä *tehtävät, jotka aiotaan suorittaa (Will)*. Ylimmän tason tehtävät ovat ne, joita työntöohjataan yleisaikataulun tai rakentamisvaiheikataulun perusteella. Keskimmäisen tason tehtävät kuuluvat valmistelemaan suunnitteluun, joissa tehtävien aloitusedellytykset varmistetaan järjestelmällisesti ja ennakoidusti. Perinteinen tuotannonohjaus jättää huomioimatta kokonaan ennakoivan suunnittelun työntämällä tehtäviä suoraan tuotantoon. Last Planner -prosessissa ainoastaan ne tehtävät, joiden aloitusedellytykset on varmistettu ja joita aiotaan suorittaa, siirtyvät tarkimpaan tasoon eli viikkosuunnitelmaan. (Koskela & Howell 2002)

Last Planner -prosessissa edetään karkeasta yleisaikataulusta eri aikataulutason kautta kohti tarkkaa viikkosuunnitelmaa (Kuva 8.). Menettely alkaa yleisaikataulun laatimisella, joka on perinteistä yleisaikataulua kevyempi. (Ballard & Howell 2003) Yleisaikataulu on kevyempi, koska menetelmässä huomion keskipiste ei ole yleisaikataulun laatimisessa ja seuraamisessa, vaan viikkosuunnittelussa ja sen toteuttamisessa (Koskela & Koskenvesa 2003). Yleisaikataulussa on oleellista tunnistaa tuotantoa tahdistavat välitavoitteet ja rakentamisvaiheet, joiden mukaan tuotanto etenee (Ballard & Howell 2003).



Kuva 8. Last Planner –prosessi (mukailtu Ennova 2011)

Yleisaikatauluun pohjautuen, työryhmä laatii yhteistyössä työmaan kanssa omasta työvaiheesta käännetyn vaiheaikataulun. Käännettyssä vaiheaikataulussa työtä aikatauluteaan imuohjatusti vaiheen valmistumisen tavoiteajasta taaksepäin. Jokainen vastuuosapuoli mitoittaa omien töiden osalta vaiheiden vaatimat ajat ja tilat. Häiriöherkille töille lisätään tarvittaessa aikataulupuskurit. Imuohjauksella varmistetaan, että aikatauluun sisällytetään vain ne työt, jotka vaikuttavat tulevien tehtävien aikatauluun. Näin ollen vältetään sisällyttämästä aikatauluun arvoa tuottamattomat työt. Näitä on tyypillisesti sisällytetty vaiheaikatauluun. (Ballard & Howell 2003)

Kun vaiheaikataulu on laadittu, siirrytään kohti valmistelevaa suunnittelua, jonka tavoitteena on varmistaa tulevien viikkojen töiden toteuttamiskelpoisuus. Valmistelevassa suunnittelussa työvaiheita puretaan tehtäviksi. (Ballard 2000c) Tehtävistä tehdään toteuttamiskelpoisia varmistamalla niiden aloitusedellytykset ja poistamalla mahdolliset esteet ennakkoidusti (Koskela & Howell 2002).

Ennakoivassa suunnittelussa työkaluna on valmisteleva aikataulu. Valmistelevaan aikatauluun sisällytetään vaiheaikataulusta vain tehtävät, joiden esteet voidaan varmuudella poistaa aikataulussa. (Ballard 2000c) Ne tehtävät, joiden aloitusedellytykset on varmistettu, mutta joita ei ole tarpeen suorittaa kyseisellä hetkellä, pidetään puskuritehtävinä. Menettelyllä varmistetaan, että työryhmällä on ”varamestaa”, mikäli suunniteltujen tehtävien toteuttaminen osoittautuukin mahdottomaksi toteuttaa. (Koskela & Howell 2002)

LPS:ssä tulevan viikon tehtävien toteutuksesta päätetään strukturoidusti ja säännöllisesti osapuolten yhteisillä päätöksillä. Jokaiselle viikkotehtävälle asetetaan vastuuosapuoli, joka sitoutuu toteuttamaan tehtävät aikataulussa. Perinteisesti työnohtaja ilmoittaa aliorakoitsijalle tai työryhmälle, milloin tehtävät käynnistetään. Kun taas Last Planner -prosessissa, yhtään tehtävää ei käynnistetä, mikäli osapuolet eivät voi todeta aloitusedellytysten olevan kunnossa. Tällä tavalla varmistetaan osapuolten sitoutumista tehtävien suorittamiseen. Samalla varmistetaan, että osapuolet ymmärtävät omien tehtävien toteutumisen vaikutuksen muihin osapuoliin. Yhteinen päätöksentekoprosessi perustuu avoimeen

kommunikointiin ja luottamuksen rakentamiseen osapuolten välillä. (Koskela & Howell 2002)

Viikkosuunnitelman tehtävien toteutumista seurataan Last Planner -prosessissa aktiivisesti. Jokaisen viikon jälkeen, työryhmä raportoi mitkä tehtävät suoritettiin aikataulussa ja mitkä ei. Toteutuksen valvonta koostuu kolmesta toimenpiteistä. Näitä ovat tehtävien toteutumisasteen seuranta, toteutumatta jääneiden tehtävien syiden selvittäminen ja niihin vaikuttaminen. Perinteisesti toteutumista seurataan keskimääräisellä työsaavutuksella eikä työsaavutuksen poikkeaman syitä selvitetä. (Koskela & Howell 2002) Toteutumisen valvonnan tärkein mittari on *tehtävien toteutumisprosentti (TTP)*, joka kuvaa toteutuneiden viikkotehtävien osuutta kaikista viikkotehtävistä. Mittarin mukaan toteutuneeksi tehtäväksi lasketaan ainoastaan ne tehtävät, jotka on kokonaan suoritettu. Toisin sanoen ne tehtävät, jotka ovat lähes valmiit, ei luokitella mittarin mukaan toteutuneiksi. Tehtävien toteutumatta jäämisen syyt selvitetään viikoittain ja niitä ryhmitellään sovitulla tavalla. (Ballard 2000c) Tarvittaessa eri syiden määrästä pidetään tilastoa. Ballard ja Howell (1994) mukaan suurimmat syyt tuotannon tehtävien toteutumatta jäämiselle ovat puutteelliset tai virheelliset suunnitelmat sekä materiaalipuute.

Useat tutkimukset antavat viitteitä siitä, että Last Planner -prosessin käyttöönotolla rakentamisen tuotannonohjauksessa voidaan saavuttaa jopa 40 % rakentamisen tuottavuuden kasvu. (Howell & Koskela 2000) LPS:n käyttö on tapaustutkimusten mukaan kasvattanut myös tuotannon toimitusvarmuutta yli 90 % tasoiseksi ja parantanut ennustettavuutta. (Ballard 2000c) Prosessi on helppo sisäistää ja se edistää jatkuvaa parantamista.

Last Planner System suunnittelun ohjauksessa

Last Planner -prosessin hyödyt tuotannonohjauksessa ovat selkeästi mitattavissa. Tosin sen toimivuutta rakennussuunnittelussa, jonka prosessi sisältää epävarmuutta, iterointia ja keskinäisriippuvuuksia osapuolten välillä, kyseenalaistetaan tieteellisessä yhteisössä. (Hamzeh ym. 2009) Suunnitteluprosessin luonne on Ballardin (1999) mukaan yksi merkittävimmistä haasteista Last Planner -prosessin imuohjauksen käyttöönotolle. Suunnitteluratkaisut ovat keskinäisriippuvaisia toisistaan, jolloin on vaikeaa tietää etukäteen prosessin logiikkaa ja tulevat tehtävät. Suunnittelutehtäviä ei voi valmistaa imuohjaukseen, sillä tarvittavia lähtötietoja on vaikea tunnistaa ennen kuin suunnittelua aloitetaan. Puhdas imuohjaus ei välttämättä sovellu suunnittelun ohjaukseen, mutta sen puute perinteisessä suunnittelun ohjauksessa on usein johtanut hukkaan ja tehottomuuteen. Tämän vuoksi Ballard ehdottaa työntö- ja imuohjauksen yhdistämistä suunnittelun ohjauksessa.

Last Planner -prosessin käytöstä rakennustuotannossa löytyy verrattain paljon tutkimustietoa, mutta sen käytöstä suunnittelun ohjauksessa löytyy vain rajallinen määrä tutkimustietoa. (esim. Koskela & Huovila 1997, Miles 1998, Ballard 1999, Tzortzopoulos ym. 2001, Codinhoto & Formoso 2005, Bortolazza & Formoso 2006, Hamzeh ym. 2009, Bølviken ym. 2010, Kerosuo ym. 2012) Tutkimukset antavat viitteitä siitä, että prosessin läpinäkyvyys, osapuolten välinen yhteistyö sekä sitoutuminen aikatauluun paranevat ratkaisevasti käyttämällä Last Planner -prosessia suunnittelussa ja sen johtamisessa. (Cremona 2013, Kerosuo ym. 2012, Koskela & Huovila 1997) Näin ollen LPS:n voidaan todeta vähentävän tiedon odottelusta ja siirtymisestä aiheutuvaa hukkaa sekä puutteellisilla edellytyksillä toteutettavaa suunnittelua ja uudelleensuunnittelua. Yhteisen käännetyn vaihe aikataulusession avulla osapuolet ymmärtävät paremmin toistensa prosesseja ja vaatimuksia. (Tauriainen ym. 2016) LPS:ssä suunnitelmamuutosten vaikutukset voidaan

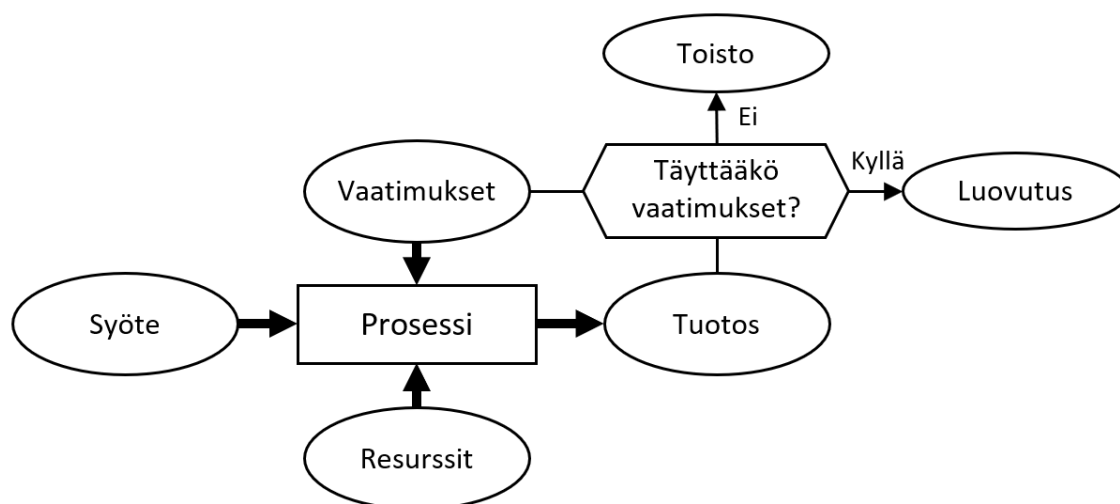
analysoida paremmin etukäteen ja myöhästyneiden päätösten seuraukset on mahdollista havainnollistaa TTP -kuvaajan kautta. (Koskela & Huovila 1997)

Hamzeh ym. (2009) ovat luoneet suunnittelun LPS -prosessin, joka sisältää erilaisia vaiheita, toimintoja ja päätöksiä. Prosessi alkaa yleisaikataulun laatimisella, jonka perustella tunnistetaan suunnittelun *välitavoitteet* (*Milestone*) ja niihin liittyvät tuotokset vaihetarkkuudella. Merkkipaaluja sovitetaan *välikäyttäjien* (*Interim*) ja loppuasiakkaan tarpeiden mukaisesti. Välikäyttäjät ovat hankkeen osapuolia, kuten suunnittelijat, joiden kautta tuote kulkee lopulliselle asiakkaalle. Vaihesuunnittelussa muodostetaan pienryhmät, jotka toteuttavat omasta työvaiheesta käännetyn vaiheaikataulun LPS -periaatteiden mukaisesti. Vaiheaikataulutuksessa merkkipaalut ja tuotokset pilkotaan toimintoihin, joille määritetään edellytykset ja ajalliset kestot. Vaiheaikataulut yhteensovitetään keskenään, jolloin osapuolet tuovat esille suunnittelun esteet, vaatimukset ja näin sitoutuvat esteiden poistamiseen. Valmistelevaan suunnitelmaan sisällytetään tulevan kuuden viikon toiminnot. Toiminnot pilkotaan tehtäviksi viikkosuunnitelmaan ja tehtäville määritetään vastuhenkilöt, resurssit, riippuvuudet, kestot sekä esteet. Osapuolet tapaavat viikoittain käsittelemään viikkosuunnitelman toteutumista ja reagoimaan poikkeamiin LPS -periaatteiden mukaisesti.

Hamzeh ym. (2009) tutkimuksesta uupuu varsinaisia mitattavissa olevia tuloksia. Tutkijat kuitenkin toteavat osapuolten sisäistäneen viikkosuunnitelman ja käännetyn vaiheaikataulun periaatteet ja hyödyntäneen niitä omassa toiminnassaan. Myös kommunikointi pienryhmissä ja niiden välillä tehostui. Tutkimuksessa korostetaan vakioituneen aikataulusuunnittelun ja -valvonnan merkityksellisyyttä toiminnan mittaamisessa ja prosessin parantamisessa.

Koskela ym. (1997) tutkimuksessa on testattu Last Planner -prosessin käyttöä suunnittelun ohjauksessa positiivisin tuloksin. Tutkimuksessa ei ole kuitenkaan hyödynnetty kaikkia prosessin työkaluja, kuten palautteiden antaminen työsaavutuksista ja tehtävien toteutumatta jäämisen syiden selvittäminen. Tästä huolimatta, suunnittelun prosessi on osoittautunut olevan perinteistä paljon tehokkaampi. Suunnittelutehtävien toteutumista on onnistuttu parantamaan lähes 30 % 26 viikon aikana. Suunnittelun kestoa on onnistuttu lyhentämään tyypillisestä yhdeksästä kuukaudesta kuuteen kuukauteen. Tutkimukseen osallistuneiden mielestä, suunnittelun lähtötietojen saatavuutta ja päätöksentekoprosessia on onnistuttu parantamaan perinteiseen menettelyyn verrattuna.

Ballardin (1999) mukaan tehtävien toteutumisen valvominen ja juurisyyden selvittäminen Last Planner -prosessin mukaisesti ovat korostaneet suunnittelulle ominaisia haasteita. Valmiin suunnittelutehtävän edellytysten ja reunaehtojen tunnistaminen on haastava ja aikaisemmista virheistä ei yleensä oteta opiksi. Tämän vuoksi suunnittelutehtävien toteutumisprosentti on yleensä suhteellisen pieni. Ballard ehdottaa, että tehtäviä on pilkottava pienempiin osiin, jotta voitaisiin tunnistaa tehtävien edellytykset paremmin. Hän kutsuu menettelyä *toiminnan määrittelymalliksi* (*Activity Definition Model*) (Kuva 9.), jota on sisällytettävä LPS:n valmistelevaan suunnitteluun. Mallissa valmis suunnittelutehtävä toimii tuotoksena (Output) ja syötteenä (Input) ovat tehtävän lähtötiedot. Jokaiselle tehtävälle määritellään vaatimukset (Criteria) ja tarpeelliset resurssit (Resources). Toimenpiteet lähtötietojen, resurssien sekä reunaehtojen ja vaatimusten hankkimiseksi aikataulutetaan valmistelevaan suunnitelmaan. Ennen kuin tehtävästä syntyneitä tuotosta luovutetaan eteenpäin, tarkistetaan täyttäväkö se asetettuja reunaehtoja ja vaatimuksia. Prosessia toistetaan niin kauan, kunnes tehtävät täyttävät niille asetetut vaatimukset.



Kuva 9. Toiminnan määrittelymalli (Ballard 1999)

Kerosuo ym. (2012) ovat tutkineet kuinka Last Planner -prosessin työkalujen käyttöön otolla voidaan lieventää suunnittelussa esiintyviä yhteistyöongelmia. Tutkimuksessa verrattiin perinteistä suunnittelukokousta LPS -suunnittelukokoukseen. Tutkijat ovat todenneet, että perinteisestä suunnittelukokouksesta puuttuu tapa, jolla suunnittelutehtäviä ja ongelmia voidaan luetella järjestelmällisesti ja hallitusti. Lisäksi prosessista puuttuu rutini, jolla ongelmia ratkaistaisiin.

Perinteistä kokousasialistaa korvattiin uudella asialistalla, joka pohjautui tehtävälisaukseen ja suunnitteluaiakatauluun. Kokouksessa käytiin tehdyt ja tekemättömät tehtävät ja keskusteltiin tulevan kokousvälin tehtävistä sekä niiden lähtötietotarpeista. Kokoukseen pohjautuen osapuolille laadittiin tehtävälisla tulevalle kokousvälille. Uudistetulla asialistalla muutettiin suunnittelukokouksen luonnetta sellaiseksi, että osapuolet pystyivät sitoutumaan paremmin tulevien tehtävien hoitamiseen. Perinteisiä suunnittelun ohjauksen työkaluja, kuten muodolliset asialistat, edellisen kokouksen pöytäkirjat ja suunnitteluvaiheilmoitukset, korvattiin tehtävälisauksella, joka koostui tulevien viikkojen tehtävistä ja kokouksessa luetelluista pysyvistä tehtävistä. (Kerosuo ym. 2012)

Kerosuo ym. (2012) ovat havainneet, että perinteisissä suunnittelukokouksissa keskityttiin pääsääntöisesti menneisyyteen. Kokouksissa keskusteltiin tekemättömistä ja tehdyistä tehtävistä - suunnittelijat käyttivät suurimman osan ajasta kuvailemaan mitä ovat tehneet ja mitä tekevät tällä hetkellä. Suunnittelijat eivät ottaneet kantaa siihen, mitkä tehtävät ovat aikataulussa ja mitkä ei. Tuleviin tehtävien osalta viitattiin suunnitteluaiakatauluun, mutta aikataulua ei käyty läpi. LPS:n käyttöönoton myötä suunnittelukokouksissa keskityttiin enemmän tulevaisuuteen. Suunnittelijat kiinnittävät entistä enemmän huomiota tulevien tehtävien välisiin riippuvuuksiin ja selvittivät ennakoidusti tarvittavia lähtötietoja.

Tämän seurauksena yhä useammalle tehtävälle kyettiin asettamaan kiinteää määräaika, jolloin tehtävien toteutumisprosentti parantui. Myös Miles (1998) on raportoinut samankaltaisia tuloksia tutkimuksessaan. Hän toteaa Last Planner -prosessin käyttöönoton parantaneen suunnittelijoiden ja tilaajan välistä kommunikointia sekä tehtävien hallintaa ennustettavampaan ja luotettavampaan suuntaan. Toteutumattomien tehtävien syiden

selvittäminen aikaisin ja lähes reaaliaikaisesti, on mahdollistanut korjausliikkeiden tekemisen ajoissa siten, että prosessiin luotiin jatkuvan oppimisen ja parantamisen kulttuuri. Miles korostaa tutkimuksessa käytettyjen Last Planner -työkalujen jatkokehittämistä joustavampaan muotoon. Oleellinen osa on integroida lähtötietotarveluetteloa viikkosuunnitelmaan, jotta muut osapuolet näkevät muiden lähtötietotarpeet ja reagoivat niihin ajoissa.

Collaborative Design Management

Collaborative Design Management (CDM) on suunnittelun ohjaukseen tarkoitettu sosiaalinen prosessi, jossa yhdistyvät Lean rakentamisen ja Last Planner -prosessin periaatteet (Bølviken ym. 2010). CDM:n tavoitteena on luoda tehokkaampaa suunnitteluprosessia, jossa tiedonkulku on läpinäkyvää. Siinä painotetaan prosessin suunnittelua ja koordinoitua osapuolten välisellä yhteensovituksella. Kuten Last Planner -prosessissäkin, osapuolten välinen yhteistyö, jossa kaikki osallistuvat oman työn suunnitteluun, toimii avaintekijänä. Näin ollen CDM:n voidaan todeta eliminoivan samoja hukkamuuotoja kuin LPS -prosessikin suunnittelua. Myös muita LPS -periaatteita on hyödynnetty, kuten se, että työsuunnittelussa osapuolet antavat toisilleen lupauksia ja valmistelevalle suunnittelussa tehtävien tarkkuustaso kasvaa sitä mukaan, kun ne lähestyvät toteutusta. Myös esteitä pyritään poistamaan LPS:n mukaisesti siten, että vain toteuttamiskelpoiset tehtävät sisällytetään viikkosuunnitelmaan. (Fundli & Drevland 2014)

Bølviken ym. (2010) väittävät, että Last Planner -prosessin tasot eivät suoraan sovi suunnitteluprosessiin. Suunnittelussa päätösten tekeminen tapahtuu osana prosessia, jolloin päätöksentekosuunnitelma täytyy sisällyttää prosessin suunnitteluun. Lisäksi Last Planner -prosessista puuttuu taso, jossa tehtävien suorittamisen vastuut jaetaan yksittäiselle suunnittelijalle. Tästä syystä, Collaborative Design Management -prosessiin on liitetty myös työkaluja, jotka eivät kuulu Last Planner -prosessin. Näitä ovat muun muassa resurssiaikataulu sekä keskustelumatriisi (DM), jota kuvataan myöhemmin tarkemmin.

Bølviken ym. (2010) mielestä Collaborative Design Management -prosessin ensisijainen käyttökohde on toteutussuunnitteluvaihe ja vasta toissijaisena käyttökohteena toimivat ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheet. Tämä johtuu siitä, että ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheet sisältävät huomattavasti enemmän keskinäisriippuvaisia tehtäviä, joita täytyy ratkaista avoimella keskustelulla ja molemminpuolisella yhteensovituksella kuin prosessin suunnittelulla. (Bølviken ym. 2010) Tämä ongelma on tunnistettu ja CDM:n kehittyneempään versioon on liitetty työkaluja, kuten *Integrated Concurrent Engineering (ICE)* ja tietomallintaminen (BIM), joita avataan tarkemmin myöhemmissä kappaleissa. Samalla on luovuttu resurssiaikataulun sekä keskustelumatriisin käytöstä. (Fundli & Drevland 2014)

Fundli ja Drevland (2014) mukaan Collaborative Design Management sisältää kokonaisuudessaan neljä peruspilaria: Aloitusprosessi, esteiden analyysi, aikataulumenettely sekä palaverikäytäntö (Kuva 10.).



Kuva 10. Collaborative Design Management – prosessin peruspilarit (Mukailtu Fundli & Drevland 2014)

Aloituspilaverissa esitellään CDM -prosessia kaikille hankkeen osapuolille ja käydään läpi muun muassa toteuttamiskelpoisen suunnittelutehtävän edellytykset. Palaveria hyödynnetään myös yhteiseen käännettyyn vaiheajakaulusessioon. Esteiden analyysi perustuu Bølviken ym. (2010) esittämiin suunnittelun edellytyksiin, joita on kuvattu luvussa 2.1.1. Aikataulumenettelyyn kuuluu Last Planner -prosessista sovellettuna eritasoisia aikatauluja, joita voidaan jakaa operatiivisiin ja strategisiin aikatauluihin. Yleis- ja vaiheajakaulu (Master- and Phase schedule) kuuluvat strategisiin aikatauluihin, koska ovat määrääviä ja yleensä vain kerran laadittavia. Hankkeen päävaiheet ja välitavoitteet esitetään yleisaikataulussa. Yksittäisen vaiheen tehtävät aikataulutetaan vaiheajakauluun imuohjatusti. Operatiivisiin aikatauluihin sisältyy valmisteleva aikataulu (Lookahead schedule), viikkoaikataulu (Week plan), päätöksentekoaikataulu (Decision schedule) ja hankinta-aikataulu (Procurement schedule). Operatiiviset suunnitteluajakaulut ovat viikoittain päivitettäviä ja ne perustuvat rakentamisen prosessiin ja aikatauluihin. Valmistelevassa aikataulussa keskitytään suunnittelu-esteiden poistamiseen ja suunnitelmiin, joita tarvitaan 10–15 viikkoa ennen rakentamista. Kun taas, viikkoaikataulussa painotetaan rakentamisen näkökulmasta ilmenneiden esteiden poistamista 5-9 viikkoa ennen rakentamista. (Fundli & Drevland 2014)

Big Room

Osapuolten välisen tiedon siirtymiseen käytettyä aikaa ja vaivaa, tiedon odottelua sekä uudelleensuunnittelua voidaan vähentää merkittävästi yhteistyön toimintamalleilla, joissa osapuolet työskentelevät yhdessä samassa tilassa (Koskela ym. 1997, Reinertsen 1997). Osapuolten ollessa samassa tilassa, tietoa voidaan vaihtaa jouhevammin ja suullisesti, ilman mitään erityisiä viestintävälineitä. (Koskela & Huovila 1997)

Big Room -tilassa kaikilla keskeisillä osapuolilla on pääsy samaan ajantasaiseen ja merkitykselliseen tietoon, jolloin päätöksiä voidaan tehdä helpommin ja nopeammin (Aasland & Blankenburg 2012). Big Room juontaa juurensa japanin kielen sanasta *Obeya*,

joka tarkoittaa ”isoa huonetta”. Obeya on alun perin kehitetty osaksi Toyotan tuotannon-järjestelmää ja sen tarkoitus on toimia tilana, jossa eri asiantuntijat voivat tavata aivorii-hien ja ongelmien ratkaisun merkeissä. (Cohen 2010) Käsitteenä Big Room ei tarkoita pelkästään fyysistä tilaa, vaan myös työskentelytapaa. Tämän vuoksi Big Room on luokiteltavissa sosiaalisesti prosessiksi. Big Room työskentelytapa on yhteistoiminnallinen eli ongelmia ratkotaan ja päätöksiä tehdään yhdessä. Työskentelyä ohjaavat sekä tukevat tehokkaat ja visuaaliset työkalut, kuten isot näytöt, tietomallit sekä tilan seinillä olevat suhdannekuvaajat, aikataulut, A3-raportit, piirustukset ja muu informaatio. (Liker & Morgan 2006, Shahbazi. & Javadi 2013) A3-raporttia voidaan käyttää ongelmanratkaisuun, päätöksentekoon tai vaikkapa ideointiin. Raporttiin kuvataan lyhyesti ongelma ja nykytila, määritetään syyt sekä ehdotetaan ratkaisua. (Aasland & Blankenburg 2012) Big Room edellyttää osapuolten jatkuvaa läsnäoloa, mikä on keskiuurissa ja pienissä hankkeissa haastavaa. Ratkaisuksi Dave ym. (2015) ehdottavat ”Virtuaalisen Big Roomin” (ViBR) käyttöönottoa. ViBR:ssä osapuolet tapaavat toisiinsa etäyhteydellä virtuaalisen teknologian mahdollistamissa rajoissa.

Integrated Concurrent Engineering

Big Room -työskentelyyn kuuluvat tehokkaat yhteistyösessiot, kuten Integrated Concurrent Engineering (ICE). ICE on suunnittelun yhteistyön sosiaalinen prosessi, jossa osapuolet ratkaisevat ennalta määrätyn monimutkaisen ongelman ohjatusti ja rinnakkain. ICE -sessioon osallistuvat tyypillisesti eri osa-alueiden asiantuntijat ja sessiota tukee tarkoituksenmukainen tila, kuten Big Room sekä visuaaliset työkalut, kuten tietomalli. (Fundli & Drevland 2014) ICE on tehokas työkalu koordinoimaan ja ohjaamaan prosessia, jossa tehtävät vaikuttavat toisiinsa tai ovat toisistaan intensiivisesti riippuvaisia. Työkalun käyttöönotolla voidaan lyhentää päätösten viiveitä ja parantaa osapuolten välistä vuorovaikutusta. (Knotten ym. 2015) Näin ollen voidaan ICE vähentää myös tiedon siirtymiseen ja odotteluun hukattua aikaa. ICE sopii tilapäiseen ja joustavaan organisaatioon ja edellyttää, että osallistujat ovat sitoutuneita sen käyttöön (Knotten ym. 2015). Verrattuna perinteiseen rinnakkaiseen yhteiseen työskentelyyn, menestyksekkäästi toteutettu ICE vähentää useita iterointikierroksia samalla kuin suunnitelmien laatu paranee ja suunnittelun budjetti pienenee. (Chachere ym. 2004)

Level of Development

Tiedon läpinäkyvä virtaus on edellytys suunnittelun tehokkaaseen läpivientiin, sillä se synnyttää luottamusta osapuolten välillä ja vähentää osapuolten osaoptimointia. (Knotten ym. 2015) Tietomallilla avulla on mahdollista edistää tiedon läpinäkyvyyttä ja osapuolten välistä yhteistyötä (Lu ym. 2013). Tietomallipohjaisessa suunnittelussa on pohjimmiltaan kyse prosessista, jossa tieto ja kolmiulotteinen geometria tarkentuvat luonnoksesta aina täsmällisempään muotoon. Tietomallintamisen tarkkuustasokonsepti aiheuttaa kuitenkin usein sekaannuksia osapuolten välillä, sillä jo varhaisessa luonnosvaiheessa oleva tietomalli saattaa katsojan silmiin näyttää valmiilta. Prosessia vaikeuttaa myös se, että tietomallia voidaan hyödyntää eri käyttötarkoituksiin, kuten määrälaskentaan, aikataulutukseen, simulaatioihin, visualisointiin ja törmäystarkasteluihin. Näiden haasteiden ratkaisemiseksi on syntynyt tarve tietomallin tarkkuustasoa ja soveltuvuutta määrittelevälle menetelmälle. *Level of Detail* on tietomallin yksittäistä elementin tarkkuustasoa kuvaava konsepti. Level of Detail auttaa pelkästään tietomallin tiedon määrän mittaamisessa, eikä sen luotettavuuden arvioinnissa. (Bedrick 2008)

Tiedon luotettavuuden arvioimiseksi tarkkuustasokonseptia on jatkokehitetty Level of Development (LOD) nimiseksi konseptiksi. LOD on yhdysvaltalaisen tietomallintamisen työyhteisön kehittämä tietomallin tasomäärittely. Sen avulla tietomallien sisältöä ja luotettavuutta voidaan yksilöidä ja kuvata erittäin selkeästi suunnittelun ja rakentamisen eri vaiheissa. (BIMForum 2019) Systemaattisella tarkkuustasomäärittelyllä on mahdollista vähentää suunnitelmapuutteiden määrää, jolloin suunnitelmien tarkastustarve vähenee. LOD määrittely luo pohjan myös suunnitelmien automaattiselle tarkastukselle, jolloin tarkastuksen käytetty aika ja resurssit vähenevät. (Abou-Ibrahim & Hamzeh 2016)

LOD tasomäärittely kuvaa yksittäisen objektin, kokoonpanon ja järjestelmän ominaisuudet eri tarkkuustasoissa. LOD kertoo myös mihin käyttötarkoituksiin näitä ominaisuuksia voi käyttää. Määrittely luo tietomallintajien ja tietomallin käyttäjien välille yhteisen ja vakioitun käsitteistön, jolla jokainen osapuoli voi ymmärtää tietomallin käytettävyyttä ja rajallisuutta. LOD ei ota kantaa siihen, mikä tarkkuustaso on saavutettava missäkin hankkeen vaiheessa, vaan aikataulutarpeet määritetään kohdekohtaisesti riippuen tilaajan tavoitteista ja hanketyypistä. (BIMForum 2019)

Level of Development -menetelmä erittelee tietomallin tarkkuutta ja luotettavuutta kuuteen LOD -tasoon: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 ja LOD 500. Mitä korkeampi taso, sitä tarkempaa ja luettavampaa elementin tiedon ja geometrian on oltava. Elementillä tarkoitetaan järjestelmää, objektia tai kokoonpanoa. LOD 100 -tason saavuttaminen edellyttää lähinnä elementtiä esitettäväksi graafisesti symbolilla tai muulla yleisellä tavalla, kun taas LOD 200 -tasossa objektin määrä, koko, sijainti ja suunta on graafisesti arvioitu ja täydennetty tarvittaessa metatiedolla. LOD 300 edellyttää määrän, koon, sijainnin ja suunnan olevan mitattavissa elementiltä ja LOD 350 vaatii elementin sovittamista muihin elementteihin ja rajapintoihin. LOD 400 -tasolla elementtiin lisätään esivalmistukseen ja asennukseen vaadittavat yksityiskohdat. LOD 500 -taso vastaa ”punakynäpiirustusten” tekoa, jossa tavoitteena on saada As Built-tasoinen toteutumamalli. Toteutumamallia voidaan hyödyntää rakennuksen elinkaaren myöhemmissä vaiheissa. (Solihiin & Eastman 2015)

Uusitalo ym. (2019) korostavat suunnitteluajataulun merkitystä LOD -menetelmän käyttöön otossa, sillä työmäärä kasvaa valtavasti siirtyessään LOD -tasosta toiseen. Vaarana on, että liian tarkka suunnittelu aiheuttaa merkittävää uudelleensuunnittelua suunnitelmamuutosten sattuessa. Ratkaisuksi hän ehdottaa LOD -menetelmän yhdistämistä imuohjattuun sijaintipohjaiseen suunnitteluajatauluun. Svalestuen ym. (2018) puolestaan ehdottavat uudelleensuunnittelun vähentämiseksi LOD -päättökentekoaikataulun ja Collaborative Design Management -prosessin yhdistämistä.

Joukkopohjainen suunnittelu

Joukkopohjainen suunnittelu (SBD - Set-Based Design) on Toyotan kehittämä toimintatapa, jossa suunnittelun ratkaisuvaihtoehtoja pidetään mukana niin kauan kuin on mahdollista. Tämä mahdollistaa useiden vaihtoehtojen punnitsemista pidempään kuin tyypillisessä ketjumallissa. Joukkopohjainen suunnittelu toimii vastakohtana perinteiselle ketjumallille (Point-Based Design), jossa yksittäisiä suunnitelmia kierrätetään osapuolelta toiselle. (Ballard 2000b) Ketjumallissa suunnittelija valitsee yhden tai useamman vaihtoehtoon, mutta vaihtoehtoja kehitetään erillään toisistaan. Suunnittelija valitsee hyvissä ajoin yhden ratkaisun, jota suunnittelee tarkemmin. Ketjumallin huonopuoli on se, että

joudutaan uudelleensuunnittelukierteeseen, kun todetaan että kyseinen vaihtoehto on käyttökelvoton tai vaatii merkittävää muutosta. (Parrish ym. 2008)

Suunnittelu etenee perinteisesti ketjumallilla, sillä suunnittelijat eivät yleensä halua tuhata aikaa suunnitelmiin, joita ei tulla käyttämään. Suunnittelijoiden mielestä ei ole syytä vetelehtiä, kun ”paras” vaihtoehto on jo löydetty. Toyota on tosin osoittanut, että joukkopohjaisella suunnittelulla pystytään tuottamaan uusia tuotteita nopeammin ja halvemmalla. Ballardin (2000b) mielestä, tähän löytyy yksinkertainen syy. Joukkopohjaisella suunnittelulla voidaan vähentää uudelleensuunnitteluun hukattua aikaa, joka on useimmissa tapauksissa merkittävämpi kuin vaihtoehtojen kuljettamiseen käytetty aika. Sobek ym. (1999) määrittelevät joukkopohjaisen suunnittelun kolme toimintaperiaatetta seuraavasti:

1. Kartoitetaan vaihtoehtoisten ratkaisujen vaihteluväli (Map the design space)
2. Määritetään yhteensopivien ratkaisujen vaihteluväli (Integrate by intersection)
3. Tarkistetaan ratkaisun toteutettavuutta ennen sen lukitsemista (Establish feasibility before commitment)

Käytännössä menetelmä tarkoittaa, että ensiksi asianomaiset suunnittelijat kartoittavat kaikki mahdolliset vaihtoehdot. Vaihtoehdot katselmoidaan ja karsitaan jättäen vain ne, jotka ovat yhteensopivia toistensa kanssa. Lopuksi, vaihtoehtojoukkoa kavennetaan asteittain kasvattaen suunnittelun tarkkuutta. Jäljellä olevien vaihtoehtojen toteutettavuutta arvioidaan jatkuvasti. (Sobek ym. 1999)

Keskustelumatriisi

Tiedon siirtymisessä esiintyvä hukka ja tiedon odottelu todettiin johtuvan suunnittelun ohjauksen läpinäkyvyyden ja tiedon virtauksen puutteesta (Koskela ym. 1997). Keskustelumatriisi on mainio työkalu läpinäkyvyyden ja tiedonvirtauksen parantamiseen (Uusitalo ym. 2019) ja tämän vuoksi se mahdollistaa tiedon siirtymisestä ja tiedon odottelusta aiheutuvan hukan eliminointia. Työkalua hyödynnetään osapuolten välisessä tiedonvaihdossa, koska sen uskotaan kasvattavan osapuolten välistä avointa keskustelua ja yhteensovitusta (Bølviken ym. 2010). Tämän vuoksi sen voidaan todeta eliminoivan myös puutteellisesta yhteensovituksesta aiheutuvaa uudelleensuunnittelua. Siitä on myös hyötyä suunnittelukokousten jäsentämisessä (Bølviken ym. 2010).

Keskustelumatriisiin kirjataan ja valvotaan osapuolten välisiä kysymyksiä ja vastauksia systemaattisesti. Ne kysymykset, joihin osapuolet eivät osaa vastata välittömästi, kirjataan keskustelumatriisiin lähtötietotarpeena. Osapuolille muodostetaan tehtäviä kysymysten ja lähtötietotarpeiden perusteella. (Uusitalo ym. 2019) Perinteinen keskustelumatriisi on viikkokohtainen tarkoittaen sitä, että kyseiselle viikolle kirjataan vain ne lähtötietotarpeet, joita lähtötiedon toimittaja on sitoutunut toimittamaan kyseisen viikon aikana. Lähtötietotarpeita esittävät toisilleen tyypillisesti suunnitteluosapuolet ja urakoitsijat. (Fosse & Ballard 2016)

Riippuvuusmatriisi

Kirjallisuudessa todettiin, että suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä saattaa johtua suunnittelutehtävien huonosta järjestyksestä. Puutteelliset edellytykset heijastuvat puolestaan uudelleensuunnitteluna (Koskela & Huovila 1997). Huono järjestys johtuu muun muassa tehtävien välisten riippuvuuksien puutteellisesta tunnistamisesta (Knotten ym.

2015). Riippuvuusmatriisi (DSM) on työkalu tehtävien välisten riippuvuuksien tunnistamiseen ja tehtävien optimaalisimman järjestyksen löytämiseen (Koskela & Huovila 1997). Matriisin avulla tehtäviä on mahdollista uudelleen järjestää siten, että tehtävien väliset keskinäisriippuvuudet vähenisivät (Eppinger ym. 1994). Näin ollen DSM mahdollistaa uudelleensuunnittelusta ja puutteellisista edellytyksistä aiheutuvan hukan eliminointi. DSM luo pohjan suunnittelun aikataulutukseen ja edistää suunnitteluprosessin läpinäkyvyyttä, jolloin myös tiedon siirtymisessä esiintyvää hukkaa on mahdollista eliminoida. (Koskela & Huovila 1997).

2.3 SUKE-malli

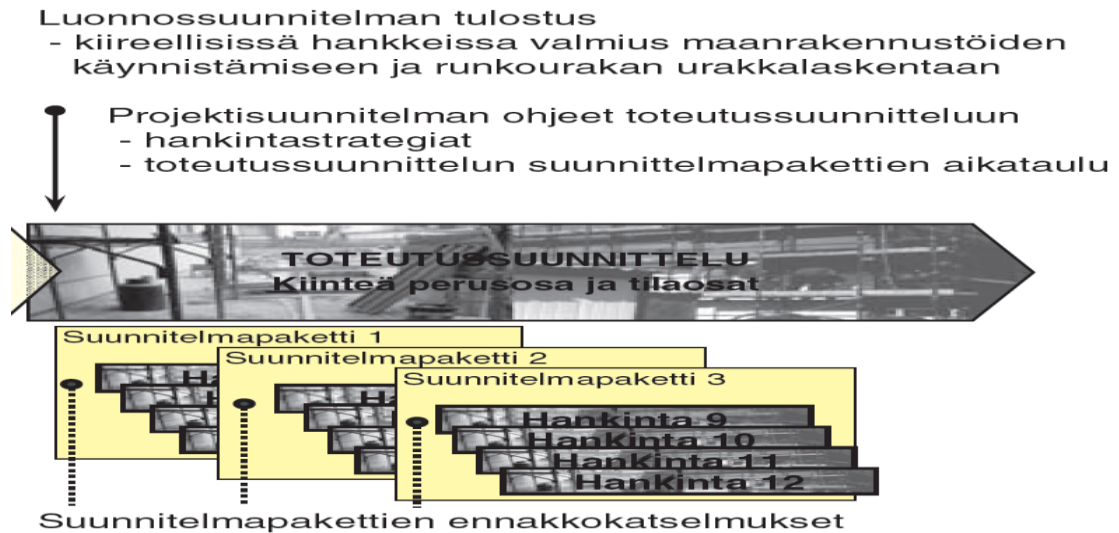
Lean suunnittelun ohjauksen lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, miten SUKE-mallilla on mahdollista eliminoida toteutussuunnittelussa esiintyvää hukkaa. SUKE-mallia on erotettu Lean kirjallisuusselvityksen ulkopuolelle, sillä kirjallisuudessa mallia ei ole varsinaisesti luokiteltu Lean suunnittelun ohjausmenetelmäksi. Tosin tutkimuksessa havaittiin, että SUKE-malli pohjautuu pitkälti Leanin periaatteisiin ja tavoitteisiin. Tämän vuoksi sitä on mahdollista hyödyntää yhdessä Leanin kanssa toteutussuunnittelun hukan eliminointiin.

SUKE-malli pohjautuu Teknillisen korkeakoulun ja Helsingin yliopiston yhteiseen tutkimushankkeeseen nimeltä *Suunnittelujärjestelmän kehittäminen talonrakennuksen projektijohtototeutuksessa*. Malli valmistui vuonna 2008 osana Matti Kruusin väitöskirjaa ja muita siihen liittyviä julkaisuja. (Kruus 2008) SUKE-tutkimus käsittelee hanke-, yleis- ja toteutussuunnitteluvaihetta, mutta tässä luvussa keskitytään SUKE-mallin esittelyyn toteutussuunnittelun ohjauksen kontekstissa.

2.3.1 Toteutussuunnittelun prosessi

Kun ehdotus- ja yleissuunnittelun ohjauksen pääpaino on tilaajan, käyttäjän ja viranomaisten tarpeiden palvelemisessa, on toteutussuunnittelun ohjauksen pääpaino puolestaan hankintaa ja rakentamisen palvelemisessa. (Kruus ym. 2006) Koska toteutussuunnittelu palvelee sekä hankintaa että toteutusta, sitä voidaan jakaa hankintaa ja toteutusta palvelevaan suunnitteluun. Hankintoja palvelevat suunnitelmat ovat laajuudeltaan ja tarkkuudeltaan sellaiset, että toteutuskustannuksia voidaan määrittää kohteen ja rakennusosien laajuuden, määrien, työtapojen ja laatutason osalta. Toteutusta palvelevassa suunnittelussa hankintoja palvelevat suunnitelmat kehitetään ja täydennetään esivalmistuksen ja rakentamisen edellyttämälle tarkkuustasolle. Toteutusta palvelevat suunnitelmat ovat lopulliset mitoitettut suunnitelmat ja tuotemäärittelyt sekä täydentävät detaljisuunnitelmat. (Kruus 2008)

SUKE-mallissa toteutussuunnitteluvaihe alkaa muodostamalla hankintastrategia, johon on määritetty hankintajako, hankintoihin liittyvät päätökset sekä selostus poikkeavista hankintamuodoista. Hankintajakoon perustuen, suunnittelijat ja projektijohto määrittävät yhdessä hankekohtaisen suunnitelmapaketin. Kun hankinta- ja suunnitelmapaketin jakaminen on tehty, muodostetaan suunnitelmapakettikohtainen suunnitelma-aikataulu. Aikataulutuksen kannalta on olennaista, että suunnitelmapaketit muodostuvat samanaikaisesti suunniteltavista ja hankittavista osista. (Kruus ym. 2006) SUKE-mallin mukainen toteutussuunnittelun prosessi on kuvassa 11.

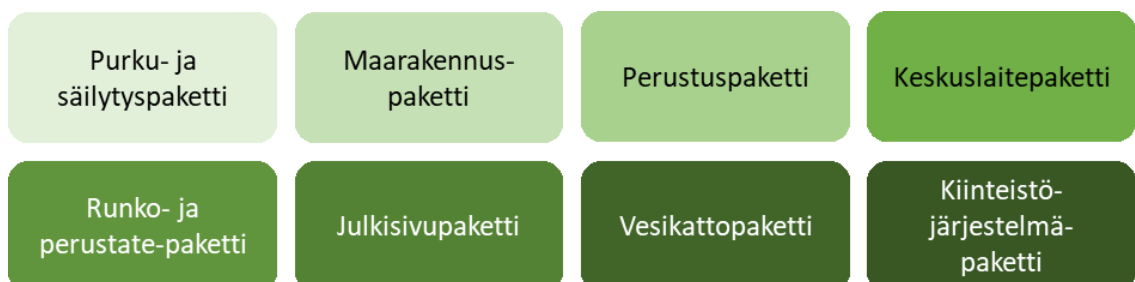


Kuva 11. Toteutussuunnittelun prosessi SUKE-mallissa (Kruus 2008)

SUKE-mallin toteutussuunnitteluvaiheen perusajatuksena on, että toteutussuunnitelmat valmistuvat ensin suunnitelmapaketeittain ja täydentyvät tarpeen mukaan hankinnoittain. Suunnitelmapakettien valmistuttua, pidetään suunnitelmapakettikatselmus. Hankintojen edetessä toimitetaan tarvittavat suunnitelmatäydennykset sekä suoritetaan tarpeelliset tarkastus ja hyväksynät. (Kruus 2008)

2.3.2 Suunnitelmapaketit ja niiden katselmointi

Kirjallisuusselvityksessä todettiin, että suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä saattaa johtua perinteisistä suunnitteluajakatauluista, jossa suunnittelua ohjataan hankintapaketeilla tai piirustuksilla. Nämä puolestaan muodostavat suunnittelun loogisen etenemisen kannalta irrallisia ja vääriä kokonaisuuksia. Tämä ongelma korostuu hankkeissa, joissa suunnittelu ja rakentaminen limittyvät. (Kruus 2008) SUKE-malli tarjoaa kyseisen hukan eliminointiin suunnitelmapakettijakoon perustuvaa menettelyä, joka luo yhtenäisen käsitteistön hankinnan ja suunnittelun välille ja mahdollistaa suunnitelmien toimittamisen suunnitelmapaketeittain. SUKE-mallissa muodostetaan suunnitelmapaketteja, jotta suunnittelua voidaan ohjata hallittavilla kokonaisuuksilla. (Kruus ym. 2006) Toisin sanoen SUKE-mallissa oletetaan, että suunnittelu voidaan jakaa osiin, joita on mahdollista ohjata erillään toisistaan. Tämän vuoksi mallia voidaan luokitella TFV-teorian mukaan perinteiseksi menetelmäksi, joka perustuu muunnosmalliin (Koskela 1992). Muunnosmallissa oletetaan, että työ voidaan jakaa osiin, joita voidaan ohjata ja tehostaa erillään toisistaan (WBS). SUKE-mallissa vaiheittain toimitettavat ”standardit” suunnitelmapaketit on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. SUKE-mallin standardit suunnitelmapaketit (mukailtu Kruus 2008)

Puutteellisia edellytyksiä aiheuttavat myös suunnittelutehtävien väliset tunnistamattomat riippuvuussuhteet, minkä seurauksena toisistaan vahvasti riippuvaiset tehtävät saatetaan ohjata erillään (Kruus ym. 2006). Suunnitelmapaketit on laadittu siten, että jokaista pakettia on ohjattava kokonaisuutena. Kruus ym. (2006) mukaan paketin sisältämät suunnitelmat ovat vahvasti toisistaan riippuvaisia ja näin ollen niitä voi luokitella Knotten ym. (2015) riippuvuuskategorian mukaan intensiivisesti toisistaan riippuvaisiksi (Intensive interdependence). Kruus (2008) mukaan menettely pakottaa ratkaisemaan toisiinsa vaikuttavia asioita yhtäaikaaisesti. Menettelyllä pyritään eliminoimaan myös puutteellisesta yhteensovituksista aiheutuvaa uudelleensuunnittelua, sillä suunnittelijoilla on mahdollisuus yhteensovittaa suunnitelmiaan samanaikaisesti. Esimerkki SUKE-mallin mukaisesta vesikaton suunnitelmapaketista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki SUKE-mallin mukaisesta vesikaton suunnitelmapaketista. (mukailtu Kruus 2008)

	Rakennustekniikka	LVI-tekniikka	Sähkö- ja teletekniikka
	Täydentyvät suunnitelmat	Täydentyvät suunnitelmat	Täydentyvät suunnitelmat
Vesikatto-paketti	Vesikattosuunnitelmat lohkoittain Vesikatto, räystäät, vesikatteet, vesikatto-varusteet Lasikattorakenteet, kattoikkunat ja luukut Erityiset vesikattorakenteet (sovitut)	Vesikaton LVI-järjestelmät Sadevesiviemärointi Tuuletusputket Ilmanvaihtolaitteet Jäähdytysputket Savunpoistolaitteet	Vesikattosähköistys Sulanapitosähköistys LVI-laitteiden sähköistys Jäähdytyslaitteiden sähköistys

SUKE-mallissa toteutussuunnittelun ohjaus pohjautuu työntö-imu -menettelyyn. Työntö-ohjauksessa suunnitelmapaketit valmistuvat kerrallaan suunnitelmapakettikatselmukseen ennalta määrätyn sisällön ja aikataulun puitteissa. Työntöohjauksella pyritään eliminoimaan puutteellisella edellytyksillä toteutettavaa suunnittelua varmistamalla suunnittelun etenemisen loogisessa järjestyksessä. (Kruus ym. 2006) Imuohjauksessa suunnitelmia täydennetään hankinnan ja rakentamisen sisältö- ja aikataulutarpeiden mukaisesti. Imuohjauksella pyritään eliminoimaan urakoitsijan myöhäisistä muutosehdotuksista aiheutuvaa uudelleensuunnittelua. Nämä myöhäiset muutosehdotukset todettiin johtuvan kokonaishintaperusteisesta hankintamenettelystä, joka edellyttää täydellisiä suunnitelmia hankintaan. Urakoitsijalla on kuitenkin usein muutosehdotuksia, jotka tulevat esille vasta hankinnan aikana, jolloin täydellisiä suunnitelmia joudutaan uusimaan. Imuohjaus eliminoi myös käyttäjän myöhäisistä muutosehdotuksista aiheutuvaa hukkaa mahdollistamalla käyttäjän myöhäisemmän päätöksenteon. (Kruus 2008)

Kirjallisuudessa merkittäviksi uudelleensuunnittelun syiksi todettiin suunnitelmapuutteet ja osapuolten myöhäiset muutosehdotukset (Koskelan & Huovilan 1997, Reinertsen 1997). SUKE-mallissa kyseisiä syitä ja niistä johtuvaa uudelleensuunnittelua on pyritty eliminoimaan suunnitelmapakettikatselmuksella, joka pidetään usein heti suunnitelmapaketin valmistuttua. Katselmukseen osallistuvat tyypillisesti suunnittelijat ja projektinjohto. Katselmusta on pidettävä hyvissä ajoin ennen hankinnan aloitusta, jotta hankinnan edellyttämiin täydennyksiin ja muutoksiin ehditään reagoida ajoissa. Suunnitelmapakettikatselmuksessa tarkistetaan suunnitelmien käyttökelpoisuus sisällön, tarkkuustason ja ratkaisujen osalta sekä sovitaan tarvittavien suunnitelmapäivitysten sisällöstä ja aikataulusta. Katselmuksessa on olennaista myös verrata nykysuunnitelmien kustannustaso ta-voitebudjettiin. (Kruus ym. 2006)

2.3.3 Suunnitelmien tarkkuustasot ja käyttötarkoitukset

Kuten aiemmin todettiin, SUKE-mallissa uudelleensuunnittelua pyritään eliminoimaan mahdollistamalla suunnitelmien täydentymisen hankinnan ja rakentamisen sisältö- ja aikataulutarpeiden mukaisesti. Menettely edellyttää kuitenkin suunnitelmien jakamista eri tarkkuustasoihin. SUKE-mallin mukaan hankintoja palvelevia suunnitelmia voidaan luokitella kolmeen tarkkuustasoon: suunnitelmavaatimukset, alustavat suunnitelmat ja toteutussuunnitelmat. Näistä toteutussuunnitelmat edustavat tarkinta tasoa, sillä ne sisältävät kaikki kyseisen toteutuksen edellyttämät suunnitelmat sisältöineen. (Kruus ym. 2006)

Mikäli hankinnat toteutetaan toteutussuunnitelmilla, tarjouspyyntösuunnitelmien on oltava valmiit ja ristiriidattomat. Tarpeen mukaan asennussuunnitelmia voidaan kuitenkin vielä edellyttää toimittajilta. Toteutussuunnitelmiin tapahtuvassa hankinnassa korostuu aikaisten päätösten ja suunnittelun ohjauksen merkittävyys. Menettelyssä on olennaista varmistaa suunnitelmien toteuttamiskelpoisuus toimittajalta ennen toimittajavalintaa, varmistaakseen toimittajan sitoutuminen urakan toteuttamiseen annetuilla suunnitelmilla. (Kruus 2008)

Alustavin suunnitelmin suoritettun hankinnan perusajatuksena on mahdollistaa suunnitelmaratkaisujen kehittäminen ja suunnitelmien täydentäminen hankinnan eri vaiheissa. Tarjouslaskennan ja -neuvottelujen yhteydessä hyödynnetään toimittajan asiantuntemusta suorittamalla toteutussuunnittelua yhteistyössä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelijat ottavat osaa neuvotteluihin ja tarkastavat tarjottavien tuotteiden yhteensopivuuden. Tavoitteena on, että neuvotteluiden jälkeen sopimukseen liitetään toteutussuunnitelmat. SUKE-mallin lähtökohtana on, että hankinnat toteutetaan aina alustavin suunnitelmin, mikäli muuta ei ole sovittu. Kyseisellä toimintatavalla pyritään vähentämään tarpeetonta uudelleensuunnittelua. Myös toimittajien aikainen sitouttaminen hankkeeseen ja kapasiteetin varaaminen, on merkittävä syy menettelylle. (Kruus ym. 2006)

Hankinnat, joita suoritetaan suunnitelmavaatimuksin edellyttävät suunnittelijalta ainoastaan toiminnallisten ja esteettisten vaatimusten määrittelyä tarjouspyyntösuunnitelmiin. Kyseisen hankintamuodon tavoitteena on sitouttaa toimittaja hankkeeseen mahdollisimman aikaisin hinnan ja aikataulun osalta, vyöryttämällä vastuu tuotekokonaisuuden suunnittelusta, toimituksesta ja asennuksesta toimittajalle. Hankintamuoto mahdollistaa toimittajan innovointikyvyn hyödyntämistä ja vastuun kantamista suunnitteluratkaisun toimivuudesta. Suunnitelmia tarkennetaan hankinnan aikana siten, että sopimusvaiheessa suunnitelmat vastaavat tarkkuustasoltaan alustavien suunnitelmien tarkkuustasoa. (Kruus ym. 2006)

Suunnitelmien eri tarkkuustasoja voidaan hyödyntää toteutussuunnittelun eri vaiheissa ja käyttötarkoituksissa. SUKE-malli erittelee suunnitelmia kuuteen eri käyttötarkoitukseen: suunnitelmapaketin suunnitelma, hankintapaketin tarjouspyyntösuunnitelma, tarjous-suunnitelma, sopimussuunnitelma, toteutussuunnitelma valmistusta tai asennusta varten ja loppupiiirustus. Toimittajan voi aina ehdottaa vaihtoehtoisia ratkaisua, jolloin myös toteutussuunnitelmiin tapahtuvassa hankinnassa, suunnitelmia voidaan joutua päivittämään. (Kruus 2008)

2.4 Kirjallisuusselvityksen yhteenveto

Kirjallisuusselvityksen tavoitteena oli tarkastella aiempaa tutkimusta suunnittelun hukan ja sen syistä. Tavoitteena oli tutkia myös Lean suunnittelun ohjausta ja sen sovelluksia sekä SUKE-mallia vaihtoehtoina suunnittelun hukan eliminoimiseen. Kirjallisuuden pohjalta tunnistettiin erilaisia suunnittelun hukkamuotoja ja niiden syitä sekä toimintatapoja ja sovellutuksia, joilla hukkamuotoja on mahdollista eliminoida. Nämä kiteytetään Likerin (2010) hukkaryhmittelyn mukaisesti taulukkoon 2, joka muodostaa tutkimuksen teoreettisen viitekehysten. Teoreettista viitekehystä pyritään hyödyntämään tutkimuksen empirian validoinnissa ja tieteellisen kontribuution tunnistamisessa.

Taulukko 2. Kirjallisuusselvityksessä tunnistetut suunnittelun hukkamuodot ja niiden syyt sekä toimintatavat ja sovellutukset, joilla hukkamuotoja on mahdollista eliminoida.

Hukkaryhmä	Odottelu
Hukkamuoto	Tiedon odottelu
Syyt	Tiedon siirtymisen hukka, prosessin läpinäkyvyyden puute, suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä, suunnittelutehtävien huono järjestys, tiedon toimittaminen liian suuressa erässä, epäonnistuminen virheiden oppimisessa, tehtävän keston aliarviointi, asiakkaan monimutkainen organisaatio,
Toimintatavat	Eliminoidaan tiedon siirtymisen hukka, varmistetaan suunnittelun edellytykset, osapuolten välisen keskustelun edistäminen, osapuolten sijoittaminen yhteiseen työskentelytilaan, suunnittelutehtävien uudelleenjärjestäminen ja -limitäminen, tehtävien pilkkominen, asiakkaan päätöksenteon integrointi prosessiin
Sovellutukset	LPS, CDM, Big Room, ICE, DM
Hukkaryhmä	Ylikäsittely
Hukkamuoto	Uudelleensuunnittelu
Syyt	Suunnitelmapuutteet ja -viivästykset, puutteellinen yhteensovitus, kommunikointipuutteet, suunnittelun monimutkainen luonne, suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä, myöhäiset suunnitelmamuutokset, myöhäiset päätökset, tilaajan vaatimusten muuttuminen, prosessin läpinäkyvyyden puute, ennalta arvaamattomat seikat esim. pohjaolosuhteet ja viranomaisvaatimukset, urakoitsijan ja käyttäjän myöhäiset muutosehdotukset, kokonaishintaperusteiset hankintamuodot, liian aikainen suunnittelu,
Toimintatavat	Varmistetaan suunnittelun edellytykset, määritetään vaatimuksia tarkasti, painotetaan aikaisia päätöksiä, käyttäjän ja urakoitsijan osallistaminen aikaisessa vaiheessa, rakennuksen jakaminen päätöksenteon kannalta hallittaviin osiin, suunnittelun ja rakentamisen limitäminen, suunnitteluratkaisujen lukitseminen viimeisellä mahdollisella hetkellä
Sovellutukset	LPS, CDM, Big Room, ICE, SBD, DM, DSM, SUKE
Hukkaryhmä	Ylikäsittely
Hukkamuoto	Suunnitelmien tarkastus
Syyt	Suunnitelmapuutteet, rakentamisen sääntely
Toimintatavat	Varmistetaan suunnittelun edellytykset, oikeanlainen suunnittelun ohjaus, analysoidaan puutteiden syyt sekä kehitetään tuotetta ja prosessia, rakentamisen sääntelyn vähentäminen
Sovellutukset	LOD
Hukkaryhmä	Kuljettaminen
Hukkamuoto	Tiedon siirtyminen
Syyt	Perinteiset kokouskäytännöt, prosessin läpinäkyvyyden puute, suunnittelutehtävien huono järjestys
Toimintatavat	Osapuolten välisen keskustelun edistäminen, osapuolten sijoittaminen yhteiseen työskentelytilaan, suunnittelutehtävien uudelleenjärjestäminen ja limitäminen,
Sovellutukset	LPS, CDM, Big Room, ICE, DM, DSM
Hukkaryhmä	Puutteellisten tuotteiden tuottaminen
Hukkamuoto	Suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä
Syyt	Suunnittelun monimutkainen luonne, suunnittelutehtävät eivät ole selvillä tai niitä ei osata järjestää tehokkaasti, ulkoiset tekijät, perinteinen suunnittelun ohjaus,
Toimintatavat	Painotetaan aikaisia päätöksiä, määritetään vaatimukset tarkasti, prosessin koordinointi tehtävien riippuvuuksien perusteella, ohjattava tekemään useita tehtäviä samanaikaisesti
Sovellutukset	LPS, CDM, DSM, SUKE

Kuten taulukosta voidaan havaita, kirjallisuuden perusteella kaikille Likerin (2010) huk-karyhmille ei löytynyt vastaavaa suunnittelun hukkamuotoa. Tutkija kuitenkin olettaa, että ylituotannolle, liikkumiselle, varastoille ja työntekijöiden luovuuden käyttämättä jät-tämiselle esiintyy vastaavaa hukkamuotoa suunnittelussa. Tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa toteutussuunnittelun hukkamuodot, mutta kirjallisuusselvityksessä tunnistetut hukkamuodot koskevat lähinnä kaikkia suunnittelun vaiheita. Näiden syiden vuoksi suunnittelun hukkaa tutkitaan tarkemmin tutkimusaiheen kontekstissa hukkatutkimuksen muodossa. Hukkatutkimusta ja sen tuloksia kuvataan kolmannessa luvussa.

3 Hukkatutkimus

Diplomityön hukkatutkimus käsittää tutkimusongelman eli toteutussuunnittelussa esiintyvän hukan määrittelyn. Kuten luvussa 2.4. todettiin, kirjallisuusselvityksessä ei kyetty muodostamaan tarpeeksi kattavaa viitekehystä toteutussuunnittelun hukan määrittämiseksi. Lisäksi toimintatutkimuksessa on oleellista määritellä ongelmaa tutkimuskohteen näkökulmasta. Näin ollen diplomityössä syntyi tarve tutkia tarkemmin tutkimuskohteen toteutussuunnittelun hukkaa ja sen syitä. Hukkatutkimuksessa pyritään vahvistamaan ja täsmentämään kirjallisuusselvityksessä esitettyjä hukkamuotoja sekä tunnistamaan kirjallisuusselvitykseen nähden uusia hukkamuotoja. Tutkimuksessa keskitytään vastaamaan kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen:

- Minkälaista hukkaa esiintyy toteutussuunnittelussa?
- Mitkä ovat toteutussuunnittelun eri hukkamuotojen aiheuttajat?

Hukkatutkimuksen pääasialliseksi aineistonkeruumenetelmäksi valikoitui tutkimuskohteen havainnointi. Toissijaisina aineistonkeruumenetelminä toimivat työpajatyöskentely ja haastattelu. Diplomityön tutkimuskohde ja sen valintaa kuvataan luvussa 3.1. Aineistokeruumenetelmät sekä aineiston analyysi ja tulkinta kuvataan luvussa 3.2. Toteutussuunnittelussa esiintyvät hukkamuodot ja niiden aiheuttajat on kuvattu luvussa 3.3. Hukkatutkimuksen tulokset kiteytetään luvussa 3.4.

3.1 Tutkimuskohteen valinta

Tutkimuskohteeksi valikoitui kohdeyrityksen projektiallianssilla toteutettava rakennushanke, joka käsittää uuden toimitilan suunnittelun ja rakentamisen. Kyseinen hanke soveltuu tutkimuksen tavoitteeseen ja rajaukseen, sillä tutkimus painottuu tarkastelemaan yhteistoiminnallisen toimitilarakentamisen suunnittelun ohjausta. Projektiallianssilla pyritään vähentämään osapuolten välisiä esteitä yhteisellä sopimuksella ja toimintatavoilla, joilla luodaan ja hallitaan suhteita (Lahdenperä 2012). Allianssissa keskeiset osapuolet integroidaan yhdeksi tiimiksi, jonka tehtävänä on suunnitella, johtaa ja toteuttaa hanketta. Toisin kuin pääurakkamuo-doissa, suunnittelun ohjauksen ei ole vain tilaajalla vaan koko Allianssilla (Lahdenperä 2015). Tutkimuskohteen allianssin osapuolina ovat rakentaja, käyttäjä, tilaaja ja arkkitehti. Tutkimuksen kohdeyritys edustaa rakentajaosapuolta. Allianssin ulkopuolisia suunnitteluosapuolia ovat erityissuunnittelijat, kuten pohja-, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnittelijat sekä suunnittelun asiantuntijat, kuten akustiikka-, palo-, kosteudenhallintakonsultit.

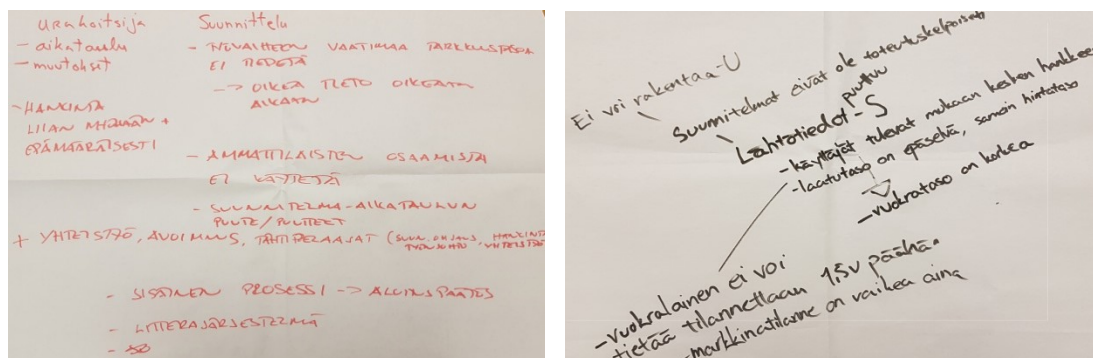
Tutkimuskohteen valintaa puolsi myös kohteen suunnitteluvaiheen soveltuminen tutkimuksen tavoitteeseen ja rajaukseen. Tutkimuskohteen rakennussuunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti ja se etenee tutkimuksen aikana toteutussuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnitelmien koordinointi toteutetaan SUKE-mallin kaltaisesti suunnitelma- ja hankintapaketeittain, mikä luo hyvän lähtökohdan uuden SUKE-malliin pohjautuvaan suunnittelun ohjausmenetelmän kehittämiseen ja testaukseen. SUKE-mallin hyödyntämistä puolsivat myös kohteen rakentamisen ja suunnittelun limittyminen.

3.2 Aineistonkeruumenetelmät, analyysi ja tulkinta

Työpajatyöskentely

Hukkatutkimus käynnistettiin 13.12.2018 pidetyllä työpajatyöskentelyllä. Työpajatyöskentely toteutettiin Building2030 -hankkeen Hukka tuotannossa ja suunnittelussa -työryhmässä. Työpajatyöskentelyyn osallistuivat diplomityön valvoja, Aalto yliopiston tohtorikoulutettavat ja diplomityöntekijät sekä yritysten edustajia kahdeksasta rakennusalan yrityksestä. Yritykset edustivat rakennusalan urakointia, kiinteistökehitystä, suunnittelua, rakennuttamista ja ohjelmistokehitystä. Näin ollen työpajatyöskentelyn tulokset edustivat varsin kattavaa läpileikkausta alan toimijoista. Diplomityöntekijä toimii työpajatyöskentelyn valmistelijana sekä fasilitaattorina.

Työpajatyöskentelyn tavoitteena oli selvittää toteutussuunnittelun hukkamuodot sekä näiden juurisyyt. Työpajatyöskentely alkoi diplomityön aiheen esittelyllä, jossa diplomityöntekijä kuvaili tiivistetysti diplomityöhön liittyvät ongelmat, tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset. Työryhmä jaettiin kahteen pienryhmään, joissa oli vähintään yksi suunnittelua ja urakointia edustava osapuoli. Kunkin osapuolen tehtävänä oli tunnistaa omasta näkökulmasta yhden työhönsä liittyvän hukkamuodon. Tehtävänantoa rajattiin siten, että hukkamuodon on liityttävä hankintaa tai toteutusta palvelevaan suunnitteluun tai sen ohjaukseen. Kun hukkamuodot oli tunnistettu, analysoitiin pienryhmissä jokaisen hukkamuodon juurisyyt 5 x Miksi -juurisyytanalyysimenetelmällä. Menetelmän tarkoituksena on löytää ongelmien juurisyyt kysymällä niin monta kertaa ”miksi” kuin on tarvetta (Kram ym. 2015). Tulokset kirjattiin paperille kuvan 13. mukaisesti ja loppuaika varattiin tulosten esittelyyn ja keskusteluun koko työryhmän kesken. Työpajaryhmien kirjausten Lisäksi diplomityöntekijä teki omia muistiinpanoja loppukeskusteluissa esiin nousseista asioista. Työpajatuloksiin viitataan tekstissä kirjaimella ”T”.



Kuva 13. Työpajatyöskentelyssä syntyneet pienryhmän tuotokset

Tutkimuskohteen havainnointi

Tutkimuskohteen toteutussuunnittelun hukkamuotojen ja näiden syiden selvittämiseen, tutkija käytti pääasiallisena aineistonkeruumenetelmänä havainnointia. Havainnointia hyödynnettiin teoreettisen viitekehyksen ja työpajatyöskentelyssä ilmenneiden tulosten syventämisessä ja tulosten peilaamisessa tutkimuskohteeseen. Haastattelun sijasta tutkija valitsi havainnointimenetelmän, sillä työpajatyöskentely ja alustavat keskustelut kohdeyrityksen asiantuntijoiden kanssa antoivat viitteitä siitä, että osapuolilla on vahvasti eriäviä mielipiteitä tutkittavasta ilmiöstä. Tutkimuksessa ei ole tarkoitus tyytyä haastatte- luissa ilmeneviin tutkittavien subjektiivisiin mielipiteisiin vaan mahdollisimman objektiiviseen havainnointiin. Baker (2006) toteaa havainnoinnin olevan tehokas tapa selvittää,

ovatko asiat todellisuudessa niin kuin ihmiset sanovat. Havainnointi mahdollistaa ihmisten tutkimisen heidän luonnollisessa ympäristössään, jotta toimintatapoja voidaan ymmärtää tutkittavan näkökulmasta. Hirsjärvi ym. (2004) mielestä, havainnointi soveltuu hyvin menetelmänä kvalitatiiviseen tutkimukseen, jossa tutkittavan ilmiön monimuotoisuus ja laajuus eivät välttämättä selviä suoraan haastattelusta. Havainnoinnin avulla saadaan välittömästi suoraa tietoa yksilön tai organisaation toiminnasta ja käyttäytymisestä.

Havainnointi on luonteeltaan strukturoimaton. Strukturoimaton havainnointi on tarkoitettu tilanteisiin, jossa tutkittavan ilmiön ennalta määrittäminen on haastavaa (Hirsjärvi ym. 2004). Toteutussuunnittelun hukkamuotojen ja näiden syiden määrittäminen on monimutkainen konsepti, josta on käytettävissä verrattain vähän tutkimustietoa. Lisäksi suunnittelun ohjaukseen liittyy vahvasti osapuolten väliset vuorovaikutussuhteet, joiden yksityiskohtia on vaikea ennakoida. Tämän vuoksi strukturoimaton havainnointi sopii kyseisen konseptin tutkimukseen.

Havainnointia voidaan luokitella osallistuvaksi ja ei-osallistuvaksi (Hirsjärvi ym. 2004). Tässä tutkimuksessa havainnointi on osallistuva, sillä diplomityöntekijällä on aktiivinen rooli havainnoitavassa toiminnassa. Diplomityöntekijä on jo aiemmin työskennellyt tutkittavassa kohteessa suunnittelun ohjauksen parissa, joten tilanne on luontainen sekä havainnoitsijalle että muille osapuolille. Havainnointi on toteutettu osallistumalla 15.1.2019 – 26.2.2019 välisenä aikana pidettyihin suunnittelukokouksiin ja -palavereihin. Lisäksi havainnointiaineiston lähteinä toimivat tilaisuuksien ulkopuoliset keskustelut ja sähköpostikeskustelut. Havainnointiaineistoa dokumentoitiin pääasiallisesti tutkijan toimesta tekemällä muistiinpanoja havainnoitavasta kohteesta.

Osallistuvan havainnoinnin luonne voi olla joko aktiivinen tai passiivinen. Aktiivinen havainnointi tulee kysymykseen niissä tapauksissa, jossa tutkija pyrkii vaikuttamaan aktiivisesti läsnäolollaan tutkittavaan ilmiöön. (Becker & Howard 1957) Tosin aktiivisen osallistuvan havainnoinnin vaarana on, että havainnoija häiritsee tai jopa muuttaa läsnäolollaan tutkittavaa tilannetta (Hirsjärvi ym. 2004). Osallistuva havainnointi toteutettiin passiivisesti, sillä tavoitteena on selvittää mahdollisimman todenmukaisesti nykyisen suunnittelun ohjauksen aiheuttama hukka. Käytännössä passiivista havainnointia toteutettiin kertomatta havainnoitaville havainnoinnin toteutuksesta. Havainnoitaville on kuitenkin kerrottu tutkimuksen toteutuksesta jo havainnointi ajanjakson alussa hyvän tutkimuskäytännön mukaisesti. Havainnoitsija on myös osallistunut jo aikaisemmin kyseisiin kokouksiin, palavereihin ja sähköpostikeskusteluihin, joten tässä tutkimuksessa havainnoitsijan läsnäoloa ei voida pitää tutkimustulosta manipuloivana asiana. Havainnointituloksiin viitataan tekstissä kirjaimella ”H”.

Avoim haastattelu

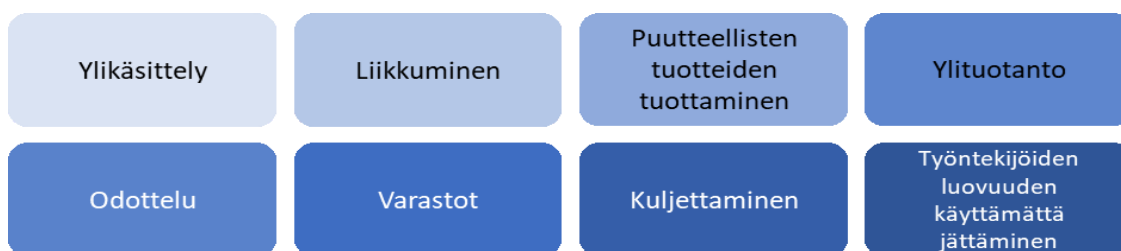
Havainnoinnin tueksi tutkija suoritti avoimen eli strukturoimattoman haastattelun kohdeyrityksen osapuolille. Haastateltavat edustivat tutkimuskohteen tuotantoa, hankintaa sekä suunnittelun ohjausta. Haastattelu toteutettiin keskustelemalla osapuolten kanssa hukka ilmiöstä ja sen syistä. Keskustelut pohjautuivat avoimiin kysymyksiin, joita tarkennettiin haastateltavien vastausten perusteella syventävillä lisäkysymyksillä. Teema-haastattelusta ja strukturoidusta haastattelusta poiketen, avoin haastattelu ei ole sidottu yksittäiseen formaattiin, eikä ole haastattelijan johtama (Hirsjärvi & Hurme 2000). Avoimessa haastattelussa pyritään etenemään haastateltavan ehdoilla, jotta haastateltavan vastaukset olisivat mahdollisimman luonnollisia. Avoimen haastattelun tuloksiin viitataan tekstissä kirjaimella ”A”.

Aineiston analyysi ja tulkinta

Työpajatyöskentely-, havainnointi- ja haastatteluaineiston analyysi aloitettiin litteroinnilla eli kirjoittamalla puhtaaksi osallistuneiden omalla käsialalla kirjoitettuja tekstejä ja tutkijan omia muistiinpanoja. Analysoinnin tarkoituksena on pilkkoa monimutkaista ongelmaa pienempiin osiin (Bryman & Burges 1994). Tämän vuoksi puhtaaksi kirjoitettu aineisto luettiin läpi ja aineistoa pilkottiin siten, että samankaltaisia tuloksia oli mahdollista jäsenellä samoihin ryhmiin. Ongelman kokonaiskuvan hahmottamiseksi, tulosten välille pyrittiin muodostamaan kausaliteetteja. Analysointia pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman objektiivisesti siten, että tutkijan subjektiviteetti tuli vasta esiin aineiston tulkinnassa. Aineiston tulkinnassa tuloksia tarkasteltiin analyttisesti peilaten niitä omiin olettamuksiin sekä teoreettiseen viitekehykseen.

3.3 Toteutussuunnittelun hukkamuodot ja niiden aiheuttajat

Tässä luvussa kuvataan työpajatyöskentelyn, tutkimuskohteen havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella tunnistetut toteutussuunnittelun hukkamuodot ja niiden aiheuttajat. Hukkamuodot ryhmitellään Lean -filosofian hukkaryhmittelyn mukaisesti (Kuva 14).



Kuva 14. Leanin hukkaryhmät (mukailltu Liker 2010)

3.4.1 Ylikäsittely

Ylikäsittely -hukkaan kuuluvat Ohnon (1978) mukaan kaikki työn sisäiset tarpeettomat toiminnot. Tässä tutkimuksessa tunnistettuja toteutussuunnittelun ylikäsittelyn hukkamuotoja olivat ylisuunnittelu, epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa sekä kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia.

Ylisuunnittelu

Ylisuunnittelu on hukkaa, joka käsittää lopullisten toteutussuunnitelmien viemisen liian tarkaksi. Työpajatyöskentelyn ja haastatteluiden perusteella liian tarkkojen suunnitelmien tuottaminen todettiin johtuvan pääsääntöisesti puutteellisesta suunnitelmien tarkkuustasomäärittelystä. Lopullisten toteutussuunnitelmien tarkkuustason määrittäminen on nykypäivänä erityisen oleellinen asia, sillä yhä suurempi osa suunnittelusta etenee tietomallipohjaisesti. Tietomallin lopullisen tarkkuustason määrittämisessä on huomioitava tietomallin lopullinen käyttökohde. Rakennuksen ylläpito saattaa edellyttää tarkempaa tietosisältöä kuin mitä esimerkiksi rakennushankkeen tuotanto edellyttää. Vaikka tietomallista saatava hyöty on kiistaton, suunnittelijan työmäärä on tietomallin käyttöönoton myötä kasvanut. Suunnittelutyön määrä vaihtelee moninkertaisesti riippuen tietomallin tarkkuustasovaatimuksista. Tilaaja saattaa vaatia mallinnettavaksi sellaisia asioita, joiden

työmäärä on huomattavan suuri hyötyyn nähden. Tyypillinen kiistanaihe on esimerkiksi betonirakenteiden raudoitteiden mallintaminen. (T, A)

Epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa

Havainnoidulla aikavälillä suunnittelukokousasialista sisälsi useita asioita, mutta kokoukseen varattu aika oli rajallinen. Tämän vuoksi asioita olisi pitänyt käsitellä johdetusti, lyhyesti ja tehokkaasti. Näin ei havainnoinnin perustella yleensä käynyt, vaan keskustelut ajautuivat usein teknisiin seikkoihin, joita suunnittelukokouksissa ei lähtökohtaisesti pitäisi käsitellä rajallisen aikataulun vuoksi. Kokouksissa kävi usein niin, että kun ensimmäiset aiheet oli käsitelty, niin huomattiin, että aikataulua on kirittävä kiinni. Tämän seurauksena asialistan viimeisimmät aiheet jouduttiin käsittelemään pintapuoleisemmin ja jossain tapauksissa osa niistä jouduttiin jättämään kokonaan käsittelemättä. (H)

Tutkimuskohteessa iso osa suunnittelukokouksen ajasta käytettiin suunnittelun kannalta epäoleellisten asioiden käsittelyyn. Esimerkiksi eräässä suunnittelukokouksessa havaittiin, että lähes puolet ajasta kului sellaisten asioiden käsittelyyn, jotka eivät edistä suunnittelua. Näitä asioita olivat muun muassa projektipankin hakemistopuun uudelleen järjestäminen, työmaalle tilattavien piirustusten tilausohje, liittyvien hankkeiden tilanteet, TATE-selontekoneuvotteluihin osallistujat, työmaan työvaiheiden edistyminen, Kuiva- ketju10 -järjestelmän toimintaperiaatteet ja liittymien tilausmenettely. Epäoleellisten asioiden käsittely suunnittelukokouksessa on puhdasta hukkaa, jonka suuruus moninkertaistuu kokouksen osallistujamäärän kasvaessa. Tutkimuskohteen suunnittelukokouksiin osallistuivat normaalisti 8-13 edustajaa, joten epäoleellisten asioiden käsittely aiheutti merkittävää hukkaa suunnittelussa. Merkittävää hukkaa aiheuttivat myös edellisen suunnittelukokouksen asioiden uudelleenkäsitteleminen sekä sopivien palaveriajankohtien etsiminen. (H)

Tutkimuskohteen havainnoinnin perusteella epäoleellisten asioiden ja samojen asioiden käsittely suunnittelukokouksissa johtuivat siitä, että kokouksia ohjasi vahvasti suunnittelukokouspöytäkirjan vakioaiheet eikä sen hetkiset ajankohtaiset aiheet. Tutkimuskohteen suunnittelukokouspöytäkirjassa näitä vakioaiheita oli yhteensä 20 kappaletta. Vakioaiheista osa ei ollut enää ajankohtaisia tai ne koostuivat sellaisista asioista, joita olisi pitänyt käsitellä suunnittelukokouksen ulkopuolella pienemmässä ryhmässä. (H)

Kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia

Kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia on hukkaa. Tutkimuskohteessa tämä hukka oli havaittavissa siten, että tilaaja, käyttäjä, urakoitsija tai yksittäinen suunnitteluosapuoli puuttui suunnittelukokouksista, tietomallipalaverista tai projektiryhmän kokouksista. Tilaajan puuttuminen suunnittelukokouksista teki merkittävien päätösten suorittamisesta mahdottoman, kun taas yksittäisen suunnitteluosapuolen puuttuminen tietomallipalaverista teki suunnitelmien yhteensovittamisesta mahdottoman. Tällaisten kokousten pitäminen todettiin olevan ajanhukkaa, sillä samoja asioita joudutaan käsittelemään uudelleen keskeisten osapuolten ollessa läsnä. Kyseinen hukkatyyppi havaittiin johtuvan syistä, joihin on haastava varautua etukäteen, kuten äkillisestä sairastumisesta johtuva poissaolo. Tosin tutkimuskohteessa keskeiseksi syyksi muodostui projektiryhmän ja suunnittelukokousasioiden päällekkäisyydet. Suunnittelukokouksissa käsiteltiin asioita, joihin olisi tarvinnut tilaajan päätöstä tai käyttäjän näkemystä, kun taas projektiryhmän kokouksissa käsiteltiin asioita, joihin olisi tarvinnut erityissuunnittelijoiden asiantunte- musta. (H)

3.4.2 Liikkuminen

Ohnon (1978) mukaan prosessin sisäiset tarpeettomat liikkumiset aiheuttavat hukkaa. Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa tämä hukkamuoto heijastui kokouksiin tarpeettomana osallistumisena.

Kokouksiin tarpeeton osallistuminen

Suunnittelukokouksiin tarpeeton osallistuminen käsittää toiminnan, jossa suunnittelukokouksiin osallistuu yksittäinen osapuoli, jolla ei olisi lähtökohtaisesti tarvetta osallistua kokoukseen. Tämän seurauksena suurin osa kokoukseen käytetystä ajasta, on kyseiselle osapuolelle hukkaa. Havainnoinnin perusteella tämä hukkamuoto todettiin tyypilliseksi niissä kokouksissa, joissa osallistujien tarpeellisuutta ei ole arvioitu todellisen tarpeen mukaan, vaan osallistujien tarve perustuu vakioituun asialistaan. Tämä hukkamuoto näkyi siten, että vain murto-osa tai pahimmassa tapauksessa mikään kokoukseen käsiteltävistä asioista ei koskenut yksittäistä osapuolta. Eräässä tapauksessa yksittäisen suunnitteluosapuolen asioiden käsittely vei vain kolme minuuttia noin kolmen tunnin kestoisesta suunnittelukokouksesta. Kyseinen suunnitteluosapuoli veloitti hankkeeseen käytetystä ajasta tuntipohjaisesti, jolloin tilaaja maksoi kolmen minuutin työstä kolmen tunnin hinnan. Mikäli nuo kolme tuntia olisi käytetty arvoa tuottavaan suunnittelutyöhön, olisi se tuottanut huomattavasti enemmän lisäarvoa hankkeeseen. (H)

3.4.3 Puutteellisten tuotteiden tuottaminen

Ohnon (1978) mukaan puutteellisten eli asiakkaan tarpeista ja vaatimuksista poikkeavien tuotteiden tuottaminen on hukkaa. Puutteellinen työ käsittää arvoa tuottavan työn tekemistä puutteellisesti siten, että siitä aiheutuu hukkaa. Tutkimuskohteen havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella toteutussuunnittelussa arvoa tuottavat työt ovat suunnitelmien tuottaminen ja tarkastaminen. Näin ollen puutteellinen työ voidaan luokitella puutteellisten suunnitelmien tuottamiseksi eli puutteelliseksi suunnitteluksi ja suunnitelmien puutteelliseksi tarkastamiseksi. Puutteellisilla suunnitelmilla tarkoitetaan tässä luvussa puuttuvia suunnitelmia tai suunnitteluratkaisuja, jotka on esitetty virheellisesti, puutteellisesti tai ristiriitaisesti. Virheelliset suunnitteluratkaisut ovat sellaisia, jotka eivät vastaa asetettuja vaatimuksia tai reunaehtoja. Hankinnan ja toteutuksen näkökulmasta tyypillisiä suunnitelmavirheitä ovat esimerkiksi toteuttamiskelvottomat tai liian kalliit suunnitteluratkaisut (A).

Suunnitelmapuutteet aiheuttavat hukkaa eri muodoissa ja vaiheissa. Suunnittelussa suunnitelmapuutteista aiheutuu ylimääräistä sähköpostien lähettämistä, palaverien pitämistä, tiedon odottamista, suunnitelmien tarkastusta sekä lisä- ja uudelleensuunnittelua. (H) Mikäli puutteita ei korjata ennen hankinnan aloitusta, niistä saattaa aiheutua sopimusristiriitoja, lisätöitä ja viivästyksiä hankintaprosessiin, jotka pahimmassa tapauksessa heijastuvat rakentamiseen. Suunnitelmapuutteista aiheutuu eniten hukkaa, kun suunnitelmia ei ehditä korjaamaan ennen työvaiheen toteutusta tai puutteita huomataan vasta toteutuksen aikana. Pahimmassa tapauksessa, rakennusosia tai järjestelmiä joudutaan purkamaan, korjaamaan ja uudelleen rakentamaan. Kohdeyrityksessä suunnitelmapuutteet ovat myös merkittävimmät syyt takuuajaisille töille ja kustannuksille. (A)

Puutteellinen suunnittelu toteutuu useissa eri muodoissa ja johtuu useista eri syistä aiheuttaen merkittävää hukkaa lähes kaikkiin suunnittelun ja sen jälkeisiin vaiheisiin.

Puutteellisen suunnittelun keskeiset syyt voidaan jakaa kahteen kategoriaan: puutteelliset suunnittelun edellytykset sekä puutteellinen suunnittelun ohjaus. Suunnittelun edellytyksiä ovat esimerkiksi menetelmät, työkalut, resurssit, osaaminen, lähtötiedot, päätökset, yhteensovitukset ja suunnitelmatarvemäärittelyt. Tutkimuskohteessa havaitut puutteellisen suunnittelun hukkamuodot olivat suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä, suunnittelu puutteellisilla menetelmillä tai työkaluilla, suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä sekä suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus.

Suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen

Haastatteluissa todettiin, että merkittävä osa suunnitelmapuutteista havaitaan yleensä vasta suunnitelmien valmistuttua, joten suunnitelmien tarkastaminen on edellytys suunnitelmien tavoitteenmukaisuuden toteamiseksi. Tämän vuoksi suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen voidaan luokitella lähtökohtaisesti yhdeksi hukkamuodoksi. Suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen tarkoittaa suunnitelmien tarkastamatta jättämistä, tarkastuksen suorittamista liian pintapuolisesti tai liian myöhään. Suunnitelmien tarkastus koettiin haasteelliseksi, työlääksi ja aikavieväksi, sillä prosessista puuttui työkalu, jolla suunnitelmien tavoitteenmukaisuutta pystyisi tarkistamaan tehokkaasti (A). Lisäksi suunnitteluajataulukuksessa ei huomioitu suunnitelmien tarkastusprosessiin vaatimaa aikaa. Näiden syiden vuoksi tarkastaminen jäi kohteessa joissakin tapauksissa suorittamatta tai sitä suoritettiin liian myöhään. (H) Tarkastamisvastuuta siirretään liian herkästi toteuttavalle aliurakoitsijalle, joka saattaa tarkastaa suunnitelmia vasta työn aloituspalaverin yhteydessä (A).

Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä

Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä on tutkimuskohteen havainnoinnin ja työpajatyöskentelyn perusteella merkittävä hukkamuoto. Lähtötiedoilla tarkoitetaan edeltäviä suunnittelutehtäviä, ratkaisuvaatimuksia ja -odotuksia. Tutkimuskohteessa suunnittelijan oli haastava tunnistaa omat lähtötieto- ja päätöstarpeensa hyvissä ajoin, joten ne huomattiin vasta suunnittelun edetessä. Keskeiseksi hukan aiheuttajaksi havaittiin suunnitteluprosessin luonteesta johtuva epävarmuus (T, H). Tämän lisäksi myös suunnittelun koordinoinnilla havaittiin olevan merkittävä vaikutus riittävien lähtötietojen ja päätösten saamiseksi riittävään ajoissa. (H)

Suunnittelun luonteesta johtuvat puutteelliset lähtötiedot ja päätökset konkretisoituivat tutkimuskohteessa osapuolten välisenä ”muna-kana” -ongelmana. Tyypillinen esimerkki oli tapaus, jossa suunnittelija ei tiennyt, millä vaihtoehdolla edetä hankintaa palvelemaan suunnitteluun ennen kuin tilaaja teki siitä päätöksen. Toisaalta tilaaja ei pystynyt tekemään päätöstä vaihtoehdoista ennen kuin suunnittelija teki siitä esityksen. Tapaus johti siihen, että suunnittelija joutui tekemään oletuksen tilaajaa miellyttävästä vaihtoehdosta. (H) Oletuksen tekeminen ei ole sinänsä hukkatyötä, mikäli se osoittautuu myöhemmin oikeaksi. Tosin hukkaa syntyy, kun nämä oletukset todetaan myöhemmin vääriksi ja suunnittelua joudutaan uusimaan. Pahinta hukkaa aiheutuu, kun suunnittelija ei pala tarkistamaan oletuksensa paikkansapitävyyttä tai tilaaja jättää tarkastamatta suunnitelmia luottaen suunnittelijan tekemiin oletuksiin. Seurauksena vääristä oletuksista johtuvat suunnitelmapuutteet huomataan vasta myöhäisessä vaiheessa. (A) Tutkimuskohteessa ja työpajatyöskentelyssä keskeiseksi ongelmaksi on havaittu suunnittelijoiden tekemien oletusten hallintaa. Suunnittelijat tekevät jatkuvasti oletuksia, mutta oletuksista ei tiedoteta tarpeeksi hyvin ja niitä ei dokumentoida. (H, T) Esimerkiksi eräässä tapauksessa ulkotilan laitteiden pistekuormaksi oli oletettu huomattavasti pienempää kuormaa kuin mitä se

todellisuudessa oli. Tämän vuoksi runkojärjestelmän kantavia rakenteita jouduttiin uudelleen suunnittelemaan. (H)

Tutkimuskohteen havainnointi antoi viitteitä siitä, että nykyiset suunnittelukokouskäytännöt eivät ole riittäviä tehtävien koordinoimisessa. Suunnittelun ohjauksesta puuttuu järjestelmällinen toimintatapa, jolla suunnittelun lähtötieto- ja päätöstarpeita tunnistettaisiin ajoissa sekä niiden toimitusta aikataulussa ohjattaisiin ja valvottaisiin. Erityisen haasteelliseksi havaittiin perinteisen suunnittelukokouspöytäkirjan käyttö suunnittelutehtävien dokumentoinnissa, ohjauksessa ja valvonnassa. Suunnittelukokouspöytäkirjaa hyödynnettiin tutkimuskohteessa suunnittelutehtävien ohjauksessa siten, että pöytäkirjaan kirjattiin kokouksen aikana ilmenneet tehtävät sekä niiden vastuuhenkilöt ja määrääjat. Tehtävät jätettiin avoimiksi asioiksi seuraavaan suunnittelukokoukseen, jossa todettiin tehtävien valmiustilanne. Kohteen suunnittelupöytäkirja oli useita sivuja pitkä ja sisälsi paljon muutakin asiaa kuin pelkästään suunnittelutehtäviä. Lisäksi yhden osapuolen tehtäviä ei keskitetty yhteen kohtaan vaan ne löytyivät usein useista eri kohdista. Pöytäkirjan läpikäyminen oli aikaa vievää, jolloin se jäi jossain tapauksissa kiireessä osapuolilta lukematta. Suunnittelutehtävien löytäminen pöytäkirjasta oli havaittu olevan myös hankalaa, sillä kirjaukset olivat osittain epämääräisiä tai niistä saattoi puuttua vastuuosapuoli. Vastuuosapuolen puuttuminen tarkoitti usein sitä, että tehtävän suorittamiseen ei ole sitouduttu, jolloin tehtävät jäivät yleensä tekemättä. Tehtävät jäivät tekemättä myös siitä syystä, että niiden määräaika jätettiin usein mainitsematta. Määräaika jätettiin usein mainitsematta, sillä tehtävien kiireellisyyttä ei tiedetty. Tehtävien kiireellisyyttä ei tiedetty, sillä niiden riippuvuus ja vaikutus suunnitteluajantauluun ja toisiin tehtäviin oli vaikea hahmottaa kokouspöytäkirjan avulla. Tämän vuoksi osapuolia oli vaikea sitouttaa tehtävien suorittamisen, jolloin tehtävät jäivät usein suorittamatta tai niitä suoritettiin myöhässä. (H)

Mikäli suunnittelijat eivät kirjanneet muistiinpanoihinsa suunnittelukokouksen aikana ilmenneitä tehtäviä, niihin ei jossain tapauksissa muistettu reagoida tarpeeksi ajoissa. Suunnittelukokouspöytäkirjan julkaiseminen liian myöhään havaittiin olevan kyseisen ongelman keskeinen syy. Havainnoidulla ajanjaksolla tutkimuskohteen suunnittelukokouspöytäkirja julkaistiin joissain tapauksissa kaksi viikkoa suunnittelukokouksen jälkeen. Havainnoidulla aikavälillä suunnittelukokouksia pidettiin kahden viikon välein, jolloin edeltävän suunnittelukokouksen pöytäkirja on pahimmassa tapauksessa julkaistu vasta seuraavan suunnittelukokouksen päivänä. (H)

Tutkimuskohteen keskeinen työkalu suunnittelutehtävien valvomisessa oli suunnitteluvaiheilmoitus, jota suunnittelijat laativat ja toimittivat vuorokauden ennen suunnittelukokousta. Suunnitteluvaiheilmoitus laadittiin useimmissa tapauksissa kohdeyrityksen omalle pohjalle, jotta seuranta olisi mahdollisimman yhdenmukainen kaikkien suunnittelualojen osalta. Suunnitteluvaiheilmoituksessa ilmoitetaan senhetkisen suunnitteluresursin vahvuus, meneillään olevat tehtävät ja näiden valmiusaste verrattuna aikatauluun, tarvittavat lähtötiedot ja päätökset sekä jatkotoimenpiteet ja muut asiat. (H)

Vaikka suunnitteluvaiheilmoitus noudattaa vakioitua asialistaa, se laadittiin useimmissa tapauksissa hyvin vapaamuotoisesti. Joitakin kohtia jätettiin usein avoimiksi ja kirjaukset olivat usein epämääräisiä tai monitulkintaisia. Suunnittelijat kirjasivat suunnitteluvaiheilmoitukseen meneillään olevat tehtävät, mutta niiden valmiusaste verrattuna aikatauluun jäi usein huomioimatta tai suunnitteluvaiheilmoituksessa todettiin vain, että suunnittelu on aikataulussa. Suunnitteluvaiheilmoitukseen lueteltiin usein myös valmistuneet tehtävät, mutta tieto siitä, että valmistuivatko tehtävät sovitussa aikataulussa, jäi usein

uupumaan. Menettely johti usein siihen, että suunnittelun todellista työsaavutusta oli vaikea mitata, jolloin aikataulua oli vaikea ennustaa. Myös mahdollisten myöhästyneiden tehtävien vaikutuksia oli vaikea kartoittaa, jolloin korjaustoimenpiteiden toteuttaminen oli haastavaa. Osassa tapauksissa suunnitteluvaiheilmoitukseen kirjattiin myöhästyneet tehtävät, mutta myöhästymisen syyt jäivät usein mainitsematta. Näitä syitä käsiteltiin jos-sain tapauksissa suunnittelukokouksen aikana, mutta todellisia juurisyitä ei aikataulu-puutteen takia ehditty selvittämään. (H)

Suunnitteluvaiheilmoitusten kirjaukset painottuivat useimmissa tapauksissa senhetkisen tilanteen kuvaukseen eikä jatkotoimenpiteisiin tai tarvittaviin lähtötietoihin kiinnitetty riittävästi huomiota. Suunnittelukokousten aikana suunnitteluvaiheilmoituksia käytiin läpi siten, että jokainen suunnitteluosapuoli luki niitä ääneen. Suunnitteluvaiheilmoituksen pääpainon ollessa senhetkisen tilanteen kuvauksessa, kului huomattava osa suunnittelukokouksen ajasta tilannekatsaukseen, jolloin jatkotoimenpiteistä sopiminen jäi vähemmälle. Suunnitteluvaiheilmoitus ei myös ota suoraan kantaa edellisessä suunnittelukokouksessa sovittuihin tehtäviin, jolloin niiden käsittely jäi kokouspöytäkirjan varaan. (H)

Suunnittelu puutteellisilla menetelmillä ja työkaluilla

Suunnittelu puutteellisilla menetelmillä ja työkaluilla käsittää useita eri hukkamuotoja. Tutkimuskohteessa havainnoitu hukkamuoto oli suunnitelmien toteuttaminen perinteisellä 2D-suunnittelulla, vaikka hankkeessa oli sovittu tietomallipohjaisesta suunnittelusta. Eräillä suunnittelualoilla tämä hukkamuoto korostui enemmän kuin toisilla, mutta näkyi lähes kaikilla tietomallintavilla suunnitteluloilla. Eräässä suunnittelukokouksessa suunnittelija mainitsi syyksi aikataulupaineen. Suunnittelija ajautui suunnittelemaan perinteisillä 2D-työkaluilla, koska totesi tietomallipohjaisen suunnittelun olevan pääsääntöisesti työläämpi ja aikaa vievämpi prosessi. (H)

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa menettely saattaa olla perusteltua useiden iterointikierrosten vuoksi. Tosin toteutussuunnitteluvaiheessa menettely havaittiin aiheuttavan merkittäviä suunnitelmapuutteita sekä hukkaa suunnittelussa. Menettely vaikeutti suunnitelmien yhteensovittamista ja tietomallin hyödyntämistä. Suunnittelutyön hukkaa syntyi, kun tietomallia jouduttiin päivittämään todellista suunnittelutilannetta vastaavaksi, jolloin jouduttiin tekemään kaksinkertaista työtä. Tietomallipohjaista suunnittelun alojen välistä yhteensovitusta oli haastavaa toteuttaa, sillä tietomalli ei vastannut todellista suunniteltua tilannetta. Yhteensovitus vanhentuneella tiedolla johti eräässä tietomallipalaverissa siihen, että yhteensovitusta jouduttiin tekemään vielä uudelleen vanhentuneen tiedon päivittyessä. Myös tietomallin hyödyntäminen hankinnassa ja tuotannossa oli mahdollon, sillä tietomallissa esitetty tieto oli vanhentunut. (H) Vanhentuneen tietomallin hyödyntäminen saattaa johtaa merkittäviin ongelmiin. Esimerkiksi tietomallista saatetaan ottaa vääriä määriä hankintaan, jolloin määrien muuttuminen myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa lisätöitä ja materiaalien toimitusajoista johtuvia aikatauluviivästyksiä. (A)

Suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärityillä

Hankintoja palvelevien suunnitelmien soveltumattomuus hankintaan on tunnistettu keskeiseksi ongelmaksi tutkimuskohteessa. Ongelman merkittävä syy on hankintaa palvelevan suunnittelun suorittaminen puutteellisilla suunnitelmatarvemäärityillä. Tutkimuskohteessa tämä hukkamuoto korostui siten, että suunnittelijat eivät aina tienneet mitä suunnitelmia pitää toimittaa mihinkin suunnitelma- tai hankintapakettiin. Kyseisen

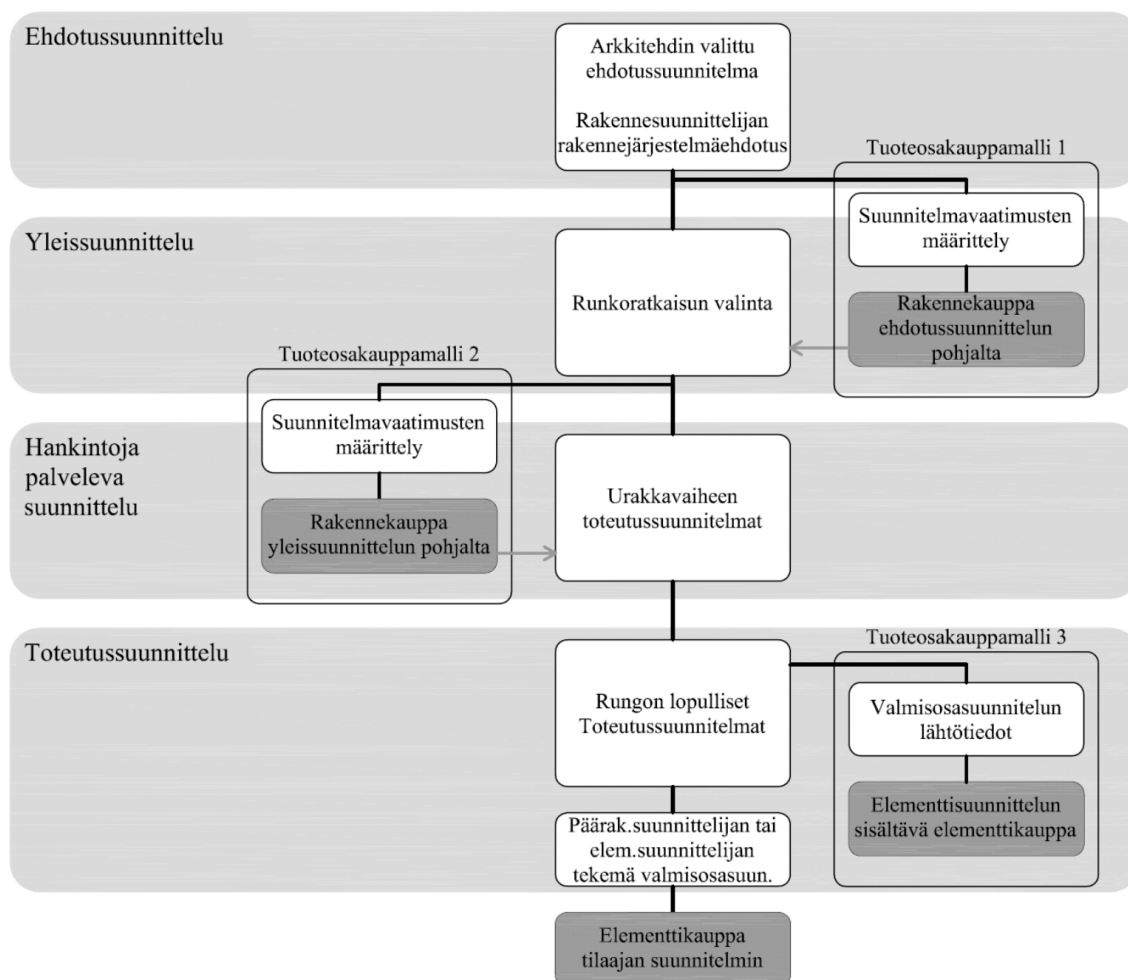
hukkamuodon syyksi oli havaittu kohteessa se, että suunnitelma-asiakirjojen tarvetta ei usein eritelty. Joissain tapauksissa suunnittelijoille kerrottiin vain, että tarvitaan kyseisen hankintapaketin ”suunnitelmat”, jolloin osa hankintapaketin suunnitelmista saattoivat jäädä uupumaan. Joissain tapauksissa suunnittelijat saattoivat myös toimittaa suunnitelmia, joiden tarve ei ollut vielä ajankohtainen, jolloin syntyi hukkaa liian aikaisena suunnitteluna. Suunnittelijoiden keskuudessa epäselvyyksiä aiheuttavat myös suunnitelmat, jotka palvelevat useita eri hankintoja. Suunnittelijat totesivat, että näiden suunnitelmien tekeminen ”kerralla kuntoon” yksittäisen hankinnan vuoksi johtaa liian aikaiseen suunnitteluun. (H)

Tutkimuskohteessa havaittiin, että suunnitelmatarvemäärittelypuutteita ei esiintynyt pelkästään suunnitelma-asiakirjojen tarpeiden erittelyssä, vaan myös suunnitelmien sisältö- ja tarkkuustasomäärittelyssä. Tutkimuskohteessa lähes jokaiselle hankinnalle määriteltiin ”hankintastrategia”, jossa eriteltiin hankintamuodot eli mitkä hankinnat suoritetaan tuoteosakauppana, alustavilla työpiirustuksilla, täydentyvillä työpiirustuksilla tai lopullisilla työpiirustuksilla. Tästä huolimatta tutkimuskohteessa havaittiin, että osa suunnitelmista jäivät yleensä puutteelliseksi, kun taas osasta tehtiin liian tarkat, jolloin syntyi hukkaa liian aikaisena suunnitteluna. (H)

Haastatteluiden perusteella puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyllä toteutettavaa suunnittelua edistää se, että osapuolet tulkitsevat suunnitelmien tarkkuustasomäärittelyitä eri tavalla. Väärinymmärryksiä aiheuttavat joissain tapauksissa monitulkintaiset termit, kuten ”toteutussuunnitelmat” tai ”tuoteosakauppa”. Toteutussuunnitelmat voidaan käsitellä esimerkiksi alustaviksi työpiirustuksiksi, täydentyviksi työpiirustuksiksi tai lopullisiksi työpiirustuksiksi. Tuoteosakauppana toteutettavat hankinnat aiheuttavat usein väärinymmärryksiä, mikäli suunnittelijan ja tuoteosatoimittajan kanssa ei ole sovittu tuoteosakaupan lähtötietojen tarkkuustasosta. (A) Esimerkiksi betonielementtien tuoteosakauppa voidaan kuvan 15. mukaisesti toteuttaa ehdotussuunnittelu-, yleissuunnittelu- tai työpiirustustasoisilla suunnitelmalähtötiedoilla, riippuen suunnitteluprosessin vaiheesta ja suunnittelusopimusten sisällöstä. (Betonielementtiteollisuus 2019) Myös termit, kuten ”tuoteosasuunnitelmat” tai ”konepajasuunnitelmat” saattavat aiheuttaa sekaannuksia osapuolten välillä (A). Joissain tapauksissa hankintamuotojakaan ei eritellä, vaan suunnittelijoille kerrotaan ainoastaan mitä suunnitelmia tarvitaan. Seurauksena suunnitelmista saattaa jäädä pois tieto, joka vaikuttaisi merkittävästi hankinnan luonteeseen, kuten urakan hintaan. Esimerkiksi erään kohteen vesikattosuunnitelmista puuttui tieto vesikaton haitoista, kuten läpiviennit tai kattoturvaruuvit, jotka korottavat merkittävästi vesikattourakan hintaa. Suunnitelmista saattoi myös jäädä pois tieto, joka vaikuttaisi ratkaisevasti urakan luonteeseen, urakkarajaan tai toteutusjärjestykseen. (A)

Haastatteluiden perusteella puutteellisten suunnitelmatarvemäärittelyiden todettiin johtuvan osittain myös hankintojen sisältämästä epävarmuudesta. Epävarmuus johtuu siitä, että hankintoja palvelevien suunnitelmien oikean tarkkuus- ja laajuustason määrittäminen on etukäteen hankala, sillä tarpeet saattavat vaihdella merkittävästi eri hankintamuodoissa ja hankkeen eri vaiheissa. (A) Työpajatyöskentelyn ja kohdeyrityksen haastatteluiden perusteella suunnitelmatarvemäärittelyiden laatimista vaikeuttaa myös osapuolten ristiriitaiset näkemykset hankintaa palvelevien suunnitelmien tarkkuus- ja laajuustasotarpeista (A, T). Työpajatyöskentelyssä ilmeni, että TATE-suunnittelijoiden intressinä on, että TATE-hankinnat suoritetaan mahdollisimman alustavilla suunnitelmilla. Menettelyllä he pyrkivät eliminoimaan urakoitsijan muutosehdotuksista johtuvaa uudelleensuunnittelua, sillä hankinnan aikana suunnitelmiin tulee lähes poikkeuksetta muutosehdotuksia. Muutosehdotukset johtavat siihen, että mitä pidemmälle suunnittelua on viety ennen

hankintaa, sitä enemmän suunnitelmia joudutaan revisioimaan, jolloin suunnittelijan näkökulmasta syntyy hukkatyötä. (T) Kohdeyrityksen haastatteluissa kävi ilmi, että hankkeen kokonaisohjauksesta vastaavan osapuolen intressinä on puolestaan se, että suunnitelmista tehdään sen verran tarkat ja laajat, että suurimmat kustannukset saadaan sidottua. Tosin suunnitelmien on oltava joustavia siten, että toimittajalle tai urakoitsijalle annetaan mahdollisuus kehittää suunnitelmia kokonaisedullisempaan, toteutettavampaan tai laadukkaampaan suuntaan. Hankintaa suorittavien osapuolten mielestä suunnitelmien pitäisi olla mahdollisimman täydelliset, jotta tarjouksen kokonaishinta olisi mahdollisimman realistinen. Menettelyllä pyritään myös välttymään suunnitelmapuutteista aiheutuvista lisätoista. Lisäksi täydellisillä hankintaa palvelevilla suunnitelmilla urakkarajojen määrittäminen olisi mahdollisimman selkeää. (A) Tutkimuskohteen havainnointi antoi viitteitä siitä, että nämä ristiriitaiset näkemykset johtuvat osittain osapuolten ristiriitaista intresseistä (H).



Kuva 15. Betonielementtien tuoteosakauppa mallit (Betonielementtiteollisuus Ry 2019)

Suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus

Puutteellinen yhteensovitus voi toteutua esimerkiksi osapuolten välisenä tai kokonaisratkaisun puutteellisenä yhteensovituksessa. Osapuolten välisellä ei tarkoiteta pelkästään suunnittelualojen välistä yhteensovitusta, vaan myös muiden osapuolten, kuten tilaajan ja urakoitsijan tavoitteiden yhteensovitusta suunnitteluratkaisujen kehittämisessä.

Tutkimuskohteessa havaittiin, että suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus heijastui suunnitelmaristiriitoina ja -puutteina aiheuttaen hukkaa suunnittelussa, hankinnassa ja tuotannossa. Esimerkiksi jossain tapauksissa suunnitelmissa viitattiin asiakirjoihin, joita ei ollut olemassa tai viittauksista ei selvinnyt tiedon tarkkaa sijaintia. Toisessa tapauksessa suunnitteluratkaisuissa esiintyi ristiriitaisia näkemyksiä suunnittelijoiden välillä. Havainnointi antoi viitteitä siitä, että eri suunnittelualojen väliset ristiriidat olivat yleisempiä erityisesti niissä rakennusosissa, joissa tapahtui päällekkäistä suunnittelua. Esimerkiksi tutkimuskohteen näkyvien paikallavalurakenteiden suunnitelmissa esiintyi ristiriitoja arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan aineiston välillä. (H)

Tutkimuskohteen havainnoinnissa kävi ilmi, että suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus johtui osittain puutteellisesta suunnittelun ohjauksesta. Puutteellisella suunnittelun ohjauksella tarkoitetaan sitä, että suunnittelua koordinoidaan liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla. Lisäksi suunnittelun yhteensovituksen vaatiman ajan sivuuttamista suunnittelu-aikataulussa voidaan luokitella puutteelliseksi suunnittelun ohjaukseksi. Yhteensovituksen sivuuttaminen aikataulusta johti jossain tapauksissa siihen, että suunnitelmia ei ehditty yhteensovittamaan ennen niiden valmistumista. (H) Työpajatyöskentelyn ja tutkimuskohteen havainnoinnin perusteella TATE-suunnittelussa on tyypillistä, että järjestelmien mallintamista kiirehdytään, jotta hankintaa varten saataisiin mahdollisimman todenmukaiset määrät talotekniikan pääte-, siirto- ja keskusosista. (T, H) Seurauksena syntyy tietomalli, joka näyttää maallikon silmiin hyvin valmiilta, mutta on todellisuudessa täynnä järjestelmien sisäisiä sekä järjestelmien ja rakennusosien välisiä yhteentörmäyksiä ja ristiriitoja. Vasta talotekniikan hankintoja palvelevien suunnitelmien valmistuttua, käynnistetään järjestelmien yhteensovitus. Ristiriitojen määrä on niin suuri, että yhteensovituksen työmäärä on käytännössä verrattavissa näiden järjestelmien kokonaisuuden uudelleensuunnittelemiseen. Pahimmassa tapauksessa kaikkia ristiriitoja ei ehditä korjaamaan ennen toteutusta, jolloin niitä joudutaan ratkomaan työmaalla. (T)

3.4.4 Ylituotanto

Ohnon (1978) mukaan ylituotantoa aiheutuu, kun tuotetaan enemmän kuin on tarvetta tai liian aikaisin. Tutkimuksessa havaittuja toteutussuunnittelun ylituotannon hukkamuotoja olivat liian aikainen suunnittelu sekä tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen.

Liian aikainen suunnittelu

Liian aikainen suunnittelu käsittää liian tarkkojen tai laajojen suunnitelmien tuottamisen liian aikaisin. Työpajatyöskentelyn ja havainnoinnin perusteella liian aikaisen suunnittelun merkittäväksi aiheuttajiksi muodostuivat aikaisemmin mainitut puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt. Suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä korostui siten, että suunnittelijat tuottivat liian tarkkoja tai laajoja hankintaa palvelevia suunnitelmia. Tämän vuoksi hankinnan aikana ilmenneet muutosehdotukset aiheuttivat merkittäviä uudelleensuunnittelukierroksia. (T, H)

Toiseksi merkittäväksi aiheuttajaksi havaittiin puutteellinen suunnittelun ohjaus. Puutteellisella suunnittelun ohjauksella tarkoitetaan suunnittelu-aikataulun puutteellista koordinoitua. Tutkimuskohteessa on havaittu, että toteutusta palveleva suunnittelu käynnistettiin usein liian aikaisin, jolloin kaikkia työn edellytyksiä ei ole ehditty varmistamaan. Esimerkiksi yksittäisen hankintapaketin suunnittelua ei ymmärretty tai muistettu pysäyttää hankinnan ajaksi, jolloin suunnittelija saattoi aloittaa toteutusta palvelevan suunnittelun heti, kun hankintaa palvelevat suunnitelmat olivat valmiita. Tässä tapauksessa,

toteutusta palvelevasta suunnittelusta jäi huomioimatta hankinnan aikana ilmeneviä urakoitsijan tai toimittajan kehitysehdotuksia. Niissä tapauksissa, joissa kehitysehdotukset hyväksyttiin, jouduttiin jo pitkälle suunniteltuja ratkaisuja muuttamaan, jolloin syntyi hukkatyötä. (H)

Kolmas merkittävä osasy syy oli hankinta-aikataulun muutosten huomiointi suunnittelu-aikataulussa. Tutkimuskohteessa suunnittelu-aikataulu pohjautui hankinta-aikataulussa esitettyihin suunnitelmien tarveajankohtiin. Ongelmana on, että tieto hankinta-aikataulun muutoksista ei näkynyt välittömästi suunnittelu-aikataulussa. Eräässä tapauksessa yksittäisen hankintapaketin tarveajankohtaa siirrettiin hankinta-aikataulussa myöhemmäksi, mutta tieto muutoksesta ei siirtynyt ajoissa suunnitteluun. Seurauksena suunnittelijat kiirehtivät toteuttamaan sellaisia suunnitelmia, joilla ei ollut varsinaista kiirettä. (H)

Tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen

Suunnittelussa tuotetaan useita erilaisia suunnitelmia ja asiakirjoja, joiden tarpeellisuutta on arvioitava aina tapauskohtaisesti. Suunnitelmia on tuotettava vain oikeaan tarpeeseen, eikä sen takia että niitä on aina tehty. Toteutussuunnitelmien tuottaminen, joilla ei ole hankinnan tai tuotannon näkökulmasta mitään tarvetta, on puhdasta kokonaan pois prosessista eliminointavaa hukkaa. Haastatteluiden ja havainnoinnin perusteella tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen todettiin johtuvan muun muassa osapuolten välisistä tietokatkoksista ja väärinymmärryksistä. Nämä puolestaan johtuivat osittain puutteellisista suunnitelmatarvemäärittelyistä. (H, A) Esimerkiksi eräässä tapauksessa suunnittelija tuotti samasta kerroksesta kolme eri tasopiirustusta, vaikka kyseisiä ratkaisuja olisi voitu esittää yhdessä tasopiirustuksessa. (H)

3.4.5 Odottelu

Ohnon (1978) mukaan odotteluun kuluva aika on puhdasta hukkaa, jota on eliminointava prosessista. Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa tämä hukka korostui lähtötiedon ja päätösten odotteluna sekä suunnitelmaviivästyksinä.

Lähtötiedon ja päätösten odottelu sekä suunnitelmaviivästykset

Tutkimuskohteen havainnointi antoi viitteitä siitä, että merkittävä osa suunnittelun ajasta kului erilaisen lähtötiedon, päätösten ja suunnitelmien odotteluun. Tiedon odottelu ei ole havaittu olevan hukkaa, mikäli odottelun sijaista on mahdollista tehdä arvoa tuottavaa työtä. Tosin tutkimuskohteessa on havaittu, että pitkiä odotusaikoja on harvoin huomioitu suunnittelutehtävien keston mitoituksessa. Tämän vuoksi nämä johtivat eräissä tapauksissa suunnitelmaviivästyksiin. (H) Nämä suunnitelmaviivästykset voivat johtaa hankintojen kiirehtimiseen tai pahimmassa tapauksessa tuotannon pysähtymiseen (A).

Tutkimuskohteessa havaittuja tiedon odottelun aiheuttajia olivat aikaisemmin mainitut puutteellinen suunnittelun ohjaus sekä suunnitteluprosessin sisältämä epävarmuus. Epävarmuutta lisäsivät myös puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt, joiden vuoksi suunnittelutyön määrän mitoittaminen oli hankalaa. Näiden lisäksi tiedon odottelun havaittiin johtuvan myös tiedon kuljettamisen -hukasta, jota käsitellään luvussa 3.4.7. Suunnitelmaviivästysten havaittiin johtuvan puolestaan myös puutteellisesta suunnittelu-aikataulusta sekä hankinta- ja suunnittelu-aikataulun puutteellisesta yhteensovituksesta. (H)

Puutteellinen suunnittelun ohjaus heijastui tutkimuskohteessa siten, että suunnittelua ohjattiin liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla. Tämä puolestaan johti siihen, että kaikkia tehtäväkokonaisuuden sisältämiä riippuvuuksia ei tunnistettu ajoissa. Esimerkiksi talotekniikan hankintoja palvelevaa suunnittelua ohjattiin yhtenä suunnitelmapaketina, jonka seurauksena paketin valmistuminen myöhästyi alkuperäisestä aikataulusta noin kuukauden verran. Talotekniikka muodosti liian ison tehtäväkokonaisuuden, minkä vuoksi kaikkia tehtäväkokonaisuuden sisältämiä riippuvuuksia ei tunnistettu ajoissa. (H)

Se miksi suunnittelua ohjataan liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla, johtuu haastatteluiden perusteella siitä, että tehtäväkokonaisuutta ei osata pilkkoa pienempiin osiin. Tehtäväkokonaisuutta ei osata pilkkoa pienempiin osiin, sillä suunnittelun ohjauksesta vastaava osapuoli ei välttämättä tiedä mistä tehtäväkokonaisuus koostuu. Tämä johtuu siitä, että suunnittelijat eivät aina halua eritellä tehtäväkokonaisuuden sisältöä. Haastateltava epäili, että suunnittelijat eivät halua eritellä tehtäväkokonaisuuden sisältöä, sillä suunnitteluun saattaa liittyä epävarmuus ja pelko siitä, että suunnittelutyön etenemistä valvottaisiin liian tarkasti. Epävarmuus liittyy siihen, että keskeneräisiä suunnitteluratkaisuja ei haluta esittää, sillä ratkaisut saattavat vielä muuttua kokonaisuuksien hahmottuessa. Lisäksi keskeneräisten suunnitteluratkaisujen esittäminen saattaa johtaa osapuolten väliseen väärinkäsitykseen suunnittelun valmiudesta. (A)

Tutkimuskohteen havainnointi antoi viitteitä siitä, että suunnitelmaviivästykset johtuivat osittain myös kohteen suunnitteluajataulusta, johon ei määritelty suunnittelun kestoa tai aloitusajankohtaa vaan ainoastaan tavoitteelliset määräajat hankinnan ja toteutuksen osalta. Tavoitekeston puuttuminen teki työsaavutuksen riittävyyden mittaamisesta haastavan, jolloin myös aikataulun ennustaminen oli haastava. Seurauksena mahdollisten suunnitteluresurssien puuttumisen tai tilaajan hitaan päätöksenteon vaikutuksia huomattiin vasta, kun suunnitelmat olivat myöhässä. Tutkimuskohteen suunnitteluajataulu ei näin ollen varsinaisesti ottanut kantaa siihen, milloin yksittäisen hankintapaketin suunnittelua on suoritettava ja miten kauan suunnittelun pitäisi kestää, vaan ainoastaan mihin mennessä suunnittelun pitää olla valmis. Menettely mahdollisti sen, että suunnittelija sai valita vapaasti sopivan ajankohdan toteuttaa varsinaisen suunnittelutyön, kunhan suunnitelmat valmistuvat määräaikaan mennessä. Tavoitteellisen aloitusajankohdan puuttuminen aiheutti kuitenkin joissain tapauksissa sen, että suunnittelu käynnistettiin liian myöhään, jolloin suunnitelmien valmistuminen viivästyi. Lisäksi tutkimuskohteen suunnitteluajataulussa ei esitetty hankinnan tai tuotannon ajankohtia vaan ainoastaan suunnittelun ajankohtaa (H). Menettelyä perusteltiin siten, että suunnittelun, hankinnan ja tuotannon välillä on aikataulupuskureita, joita pidetään siltä varalta, että suunnittelu viivästyy. Näitä aikataulupuskureita ei haluttu näyttää suunnittelijoille, jotta he eivät olettaisi, että heillä olisi varaa myöhästyä. (A) Tosin havainnointi antoi viitteitä siitä, että suunnittelijat tiesivät jo näistä aikataulupuskureista. Tämän vuoksi aikataulua ei otettu tosissaan, mikä johti jossain tapauksissa suunnitelmien viivästykseen. (H)

Tutkimuskohteessa havaittiin, että hankintaa palvelevien suunnitelmien viivästykset aiheutuivat osittain myös hankinta- ja suunnitteluajataulun puutteellisesta yhteensovituksesta. Kuten aiemmin todettiin, tutkimuskohteen suunnitteluajataulu pohjautui hankintaajataulussa esitettyihin suunnitelmien tarveajankohtiin. Ongelmaksi muodostui se, että hankinta-ajataulu laadittiin liian myöhään ja siitä puuttuivat osa hankintapaketeista, jolloin varatut suunnitteluresurssit eivät riittäneet toteuttamaan myöhemmin lisättyjä hankintapaketteja ajataulussa. Ongelmaksi muodostui myös se, että eräissä tapauksissa hankinta-ajataulusta poikettiin siten, että toteutussuunnittelua ei päästy aloittamaan ajataulussa. (H)

3.4.6 Varastot

Ohnon (1978) mukaan asiakkaan tarpeiden nähden ylimääräisen materiaalin säilyttäminen on hukkaa. Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa tämä hukka heijastui ylimääräisen tiedon varastoinnissa, mikä johti tutkimuskohteessa havaittuun varsinaiseen hukka-muotoon eli tiedon etsimiseen.

Tiedon etsiminen

Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa ja sen ohjauksessa merkittävä osa suunnittelun ajasta kului erilaisen tiedon, kuten päätösten, selvitysten, suunnitelmien, lähtötietojen, vaatimusten ja tehtävien etsimiseen. Tiedon etsimiseen käytetty aika on havaittu olevan puhdasta hukkaa, jota on eliminointava kokonaan pois suunnitteluprosessista. (H)

Kuten todettiin, tiedon etsimisen hukka johtui tutkimuskohteessa ylimääräisen tiedon varastoisesta. Kohteessa suunnitelmia ja suunnitteluun liittyviä asiakirjoja säilytettiin projektipankissa. Havainnoinnin perusteella projektipankki sisälsi kuitenkin huomattavan määrän dokumentteja, jotka olivat joko vanhentuneita tai eivät palvelleet hankintaa tai toteutusta millään tavalla. Kohteen rakennuksen monimuotoisuus ja allianssitoteutusmuoto havaittiin olevan kyseisen ongelman juurisyy. Kohde sisälsi monimutkaisia suunnitteluratkaisuja, jotka vaativat osapuolilta jatkuvaa tiedonvaihtoa. Allianssimalli edellytti puolestaan useiden eri osapuolten osallistamista suunnittelun ohjausprosessiin. Näiden vuoksi kohteessa syntyi perinteisiä hankkeita nähden enemmän suunnitteludokumentteja. Allianssimalli edellytti myös tiedon läpinäkyvyyttä, jolloin kaikkia dokumentteja piti säilyttää yhteisessä projektipankissa. Lisäksi suunnittelun ja rakentamisen limittyminen sekä puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt johtivat ylimääräisiin dokumentteihin. Suunnittelun ja rakentamisen limittyminen edellytti suunnittelun pilkkomista useisiin eri paketteihin, jotka vaihtelivat käyttötarkoituksiltaan. Pakettien sisällön puutteellinen määrittely johti siihen, että projektipankki sisälsi myös useita osapiirustuksia ratkaisusta, joita olisi voitu esittää vain yhdessä piirustuksessa. Tämän vuoksi oikean dokumentin löytäminen projektipankista saattoi kuluttaa runsaasti ylimääräistä aikaa. (H)

Aikaa ei kulunut pelkästään dokumenttien etsimiseen vaan myös dokumenttien sisällä olevan tiedon löytämiseen. Erityisen haasteelliseksi havaittiin olevan kohteen suunnittelukokouspöytäkirjoissa olevan tiedon löytäminen. Suunnittelukokouspöytäkirjaa hyödynnettiin suunnitteluun liittyvän päätösten, lähtötiedon, avointen asioiden ja tehtävien dokumentoinnissa, ohjauksessa ja valvonnassa. Pöytäkirjoja ehti kertyä jo useita kymmeniä ja lähes jokainen pöytäkirja oli useita sivuja pitkä, joten oikean tiedon löytäminen oli yleensä työläs ja aikaa vievä prosessi. (H) Havainnoinnin perusteella myös sähköpostikeskusteluissa olevan tiedon etsiminen kulutti merkittävästi työaikaa. Sähköpostissa olevan tiedon etsimistä vaikeutti sähköpostitulva, jonka merkittävä syy on tiedon tarpeeton kuljettaminen. (H) Tiedon tarpeeton kuljettaminen käsitellään yhtenä hukkamuotona seuraavassa luvussa.

3.4.7 Kuljettaminen

Ohnon (1978) mukaan kuljettaminen käsittää materiaalin tai työvoiman kuljettaminen, joka ei kasvata tuotteen arvoa. Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa tämä hukkamuoto korostui tiedon tarpeettomana kuljettamisena.

Tiedon tarpeeton kuljettaminen

Suunnittelu perustuu jatkuvaan ja saumattomaan osapuolten väliseen tiedonvaihtoon, jonka perusedellytyksenä ovat toimivat ja tehokkaat tiedonvaihtomenetelmät ja -työkalut. Tutkimuskohteessa on kuitenkin havaittu, että perinteiset menetelmät ja työkalut, kuten edellä mainitut suunnittelukokousmenettely ja sähköposti aiheuttivat tarpeetonta tiedon kuljettamista osapuolten välillä. (H)

Suunnittelukokouksissa itsessään tieto siirtyi varsin tehokkaasti osapuolten välillä, mutta ongelmaksi muodostuivat pitkät kokousvälit, jotka olivat eräissä tapauksissa jopa kuukauden mittaisia. Kokousvälien aikana tiedonvaihto nojautui suurimmaksi osaksi puhelini- ja sähköpostikeskusteluihin. Puhelinkeskustelussa tiedonvaihto on tehokas, mutta keskustelun dokumentointi oli taas hankalaa, minkä vuoksi puhelun aikana sovitut asiat saattoivat unohtua. Sähköpostikeskusteluissa dokumentointi ei puolestaan muodostanut estettä, sillä oli helppo palata tarkistamaan, mitä aikaisemmissa keskusteluketjuissa oli sovittu. Ongelmaksi muodostui kuitenkin sähköpostitulva, minkä todettiin johtuvan muun muassa sähköpostien liian suurista jakelumääristä sekä sähköpostin soveltumattomuudesta monimutkaisten asioiden käsittelyyn. Sähköpostien liiallinen määrä johti väistämättä siihen, että osapuolet eivät ehtineet lukea kaikkia sähköpostiviestejä välittömästi. Pahimmassa tapauksessa sähköposteja ei luettu ollenkaan tai niitä saatettiin lukea vasta useiden päivien päästä, jolloin tiedon tarpeeton kuljettaminen aiheutti merkittäviä viiveitä tiedon siirtymisessä. Tiedon siirtymistä vaikeutti myös se, että osapuolet saattoivat tulkita sähköpostiviestejä eri tavalla. (H)

3.4.8 Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen

Liker (2010) mukaan työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättämisen hukkaa aiheutuu, kun työntekijöitä ei sitouteta prosessiin, jolloin heidän ideansa, taitonsa ja oppimismahdollisuutensa jäävät hyödyntämättä. Tutkimuskohteen toteutussuunnittelussa tämä hukka korostui tuotannon puutteellisenä hyödyntämisenä.

Tuotannon puutteellinen hyödyntäminen suunnittelussa

Havainnoidulla aikavälillä ilmeni, että merkittävä osa tutkimuskohteen rakenteiden uudelleensuunnittelusta johtui päätoteuttajan myöhäisistä muutosehdotuksista. Muutosehdotusten syyksi havaittiin työmaatoimihenkilöiden puutteellinen hyödyntäminen suunnittelussa ja erityisesti suunnitteluratkaisujen rakennettavuuden arvioimisessa. Myöhäinen palaute aiheutti joissakin tapauksissa merkittäviä uudelleensuunnittelukierroksia, jotka eivät viivästyttäneet pelkästään suunnittelua vaan myös hankintoja ja tuotantoa. Ensimmäisten suunnitelmapakettien osalta, kuten pohjarakenteiden ja perustusten osalta, keskeiseksi hukan aiheuttajaksi muodostui työmaatoimihenkilöiden sitominen hankkeeseen liian myöhään. Tosin muiden pakettien osalta keskeiseksi syyksi havaittiin työmaatoimihenkilöiden puutteellinen integrointi suunnitteluohjausprosessiin. (H)

3.4 Hukkatutkimuksen yhteenveto

Hukkatutkimuksessa tunnistettiin 15 erilaista toteutussuunnittelun hukkamuotoa, joita luokiteltiin Likerin (2010) hukkaryhmittelyyn. Tunnistetut hukkamuodot ja niiden aiheuttajat on kiteytetty taulukkoon 3. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoimaan ainoastaan tutkimuskohteessa tunnistettuja merkittävimpiä hukkamuotoja. Tässä tutkimuksessa tunnistetut merkittävimmät hukkamuodot on korostettu taulukossa 3. mustalla värillä.

Taulukko 3. Hukkatutkimuksessa tunnistetut hukkamuodot ja niiden aiheuttajat

Hukkaryhmä	Hukkamuoto	Hukan aiheuttajat
Ylikäsittely	Ylisuunnittelu	Suunnitelmien puutteelliset tarkkuustasomääritykset
	Epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa	Kokouksia ohjaavat vahvasti pöytäkirjan vakioaiheet
	Kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia	Kokouskäytäntöjen päällekkäisyydet
Liikkuminen	Kokouksiin tarpeeton osallistuminen	Osallistujien tarvetta ei ole arvioitu todellisen tarpeen mukaan.
Puutteellisten tuotteiden tuottaminen	Suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen	Suunnitelmien tarkastuksesta puuttuu työkalu ja tarkastusta ei huomioida aikataulutuksessa
	Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä	Prosessista puuttuu järjestelmällinen toimintatapa, jolla lähtötieto- ja päätöstarpeita tunnistettaisiin ajoissa sekä niiden toteutumista aikataulussa ohjattaisiin ja valvottaisiin. Kaikkia lähtötietotarpeita on mahdoton ennakoita
	Suunnittelu puutteellisilla menetelmillä tai työkaluilla	Aikataulupaineet
	Suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä	Puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt johtuvat hankintojen epävarmuudesta sekä osapuolten ristiriitaisista näkemyksistä suunnitelmien tarkkuus- ja laajuustasotarpeista.
	Suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus	Suunnittelun koordinointi liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla, yhteensovitusta ei ole huomioida aikataulutuksessa.
Ylituotanto	Liian aikainen suunnittelu	Puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt, suunnitteluaikataulun puutteellinen koordinointi, hankinta-aikataulun muutosten huomiointi suunnitteluaikataulussa
	Tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen	Osapuolten väliset tietokatkokset ja väärinymmärrykset, jotka johtuivat puutteellisista suunnitelmatarvemäärityksistä.
Odottelu	Lähtötiedon ja päätösten odottelu sekä suunnitelmaviiästyks	Suunnittelun koordinointi liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla, tehtävien välisten riippuvuuksien puutteellinen tunnistaminen, prosessin sisältämä epävarmuus, puutteellinen suunnitteluaikataulu.
Varastot	Tiedon etsiminen	Ylimääräisen tiedon varastointi projektipankkiin, suunnittelukokouspöytäkirjat, sähköpostitulva.
Kuljettaminen	Tiedon tarpeeton kuljettaminen	Sähköpostin käyttö pääasiallisena tiedonvaihtovälineenä kokousvälien aikana.
Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen	Tuotannon puutteellinen hyödyntäminen	Tuotantoasiatuntijoiden sitominen hankkeeseen liian myöhään ja niiden puutteellinen integrointi suunnittelun ohjausprosessiin.

4 Suunnittelun ohjausmenetelmä

Diplomityön tavoitteena on kehittää suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoimaan hukkatutkimuksessa tunnistettuja toteutussuunnittelun merkittävimpiä hukka-
muotoja. Tämä luku alkaa kyseisen menetelmän ja sen kehittämisprosessin kuvauksella. Tämän jälkeen tarkastellaan menetelmän testausvaihetta ja sen tulosten arviointia. Lopuksi kuvataan menetelmän kehityskohteet jatkokehitystä varten.

4.1 Menetelmän kehittäminen

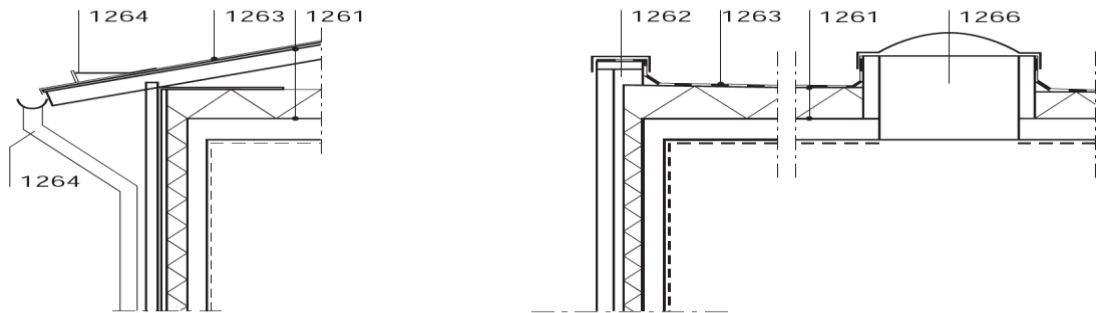
Menetelmän kehittämisen lähtökohtana toimivat ongelman määrittelyvaiheessa eli hukkatutkimuksessa ilmenneet tulokset, kirjallisuusselvitys sekä teoreettinen viitekehys. Näitä lähtötietoja hyödynnettiin erityisesti alkuvaiheessa, menetelmän periaatteiden ja prosessien luomisessa. Kun periaatteet ja prosessit alkoivat hahmottua, kehittämisen painopistettä siirrettiin kohti suunnitteluteknisten ongelmien, kuten hankintapakettien ja suunnitelmien puutteellisten sisältövaatimusten ratkaisemiseen. Näiden lisäksi menetelmän kehittämisessä hyödynnettiin kohdeyrityksen ja rakennustietosäätiön dokumentteja sekä tutkimuskohteen asiantuntijoita.

Kohdeyrityksen dokumentit koostuivat viiden eri hankkeen suunnitelmista ja suunnittelun ohjauksen asiakirjoista. Rakennustietosäätiön hyödynnettäviä dokumentteja oli useita, mutta keskeisimmiksi tietolähteiksi muodostuivat suunnittelualojen tehtäväluettelot (PS12, ARK12, RAK12, TATE18) sekä laatuasiakirjat (RYL). Laatuasiakirjoilla tarkoitetaan *RunkoRYL 2010*, *Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset*, *Talonrakennuksen runkotyöt* -laatuasiakirjaa ja *TalotekniikkaRYL 2002*, *Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset* -laatuasiakirjaa. RYL koostuu yleisesti hyväksyttävistä hyvän rakentamis- ja kiinteistönpitotavan mukaisista käytännöistä. Asiakirja sisältää vaatimuksia ja ohjeita niin suunnittelulle kuin tuotannolle.

Toimintatutkimuksessa on oleellista, että ratkaisua kehitetään yhdessä tutkittavien kanssa, joten kehitystyössä hyödynnettiin tutkimuskohteen asiantuntijoita. Menettelyllä varmistettiin, että menetelmä palvelee mahdollisimman hyvin tutkimuskohteen osapuolia. Alustavien keskusteluiden pohjalta havaittiin kuitenkin, että kohteen asiantuntijoilla on vahvasti eriäviä mielipiteitä siitä, minkälainen kehitettävän suunnittelun ohjausmenetelmän on oltava. Nämä eriävät mielipiteet johtuivat pääasiallisesti osapuolten välisistä ristiriitaisista intresseistä sekä tutkittavan ilmiön monimutkaisesta luonteesta. Näin ollen, jotta kehitettävä menetelmä palvelisi mahdollisimman hyvin kaikkia osapuolia, mielipiteitä pyrittiin keräämään mahdollisimman monipuolisesti ja kattavasti. Asiantuntijoiksi valikoitui yhteensä 11 henkilöä viidestä eri tutkimuskohteen asiantuntijaryhmästä: suunnittelu, suunnittelun ohjaus, tuotanto, hankinta ja kehitys. Suunnitteluryhmään valikoitui arkkitehti ja rakennesuunnittelija. Suunnittelun ohjausta edustivat projektipäälliköt. Tuotantoryhmään kuuluivat työpäällikkö ja vastaava työnjohtaja. Hankintaryhmään valikoitui hankintapäällikkö ja -insinööri. Kehitysryhmää edusti kohdeyrityksen kehityspäällikkö.

Menetelmä on lähdetty kehittämään siitä lähtökohdasta, että sitä voitaisiin soveltaa kaikkiin suunnitelmapaketteihin. Tässä tutkimuksessa sitä testattiin kuitenkin aikataulusyistä ainoastaan vesikattosuunnitelmapaketin osalta. Tutkimuksessa on havaittu, että suunnitelmapakettien rajaukset eivät ole kaikille osapuolille yksiselitteisiä, joten mahdollisten

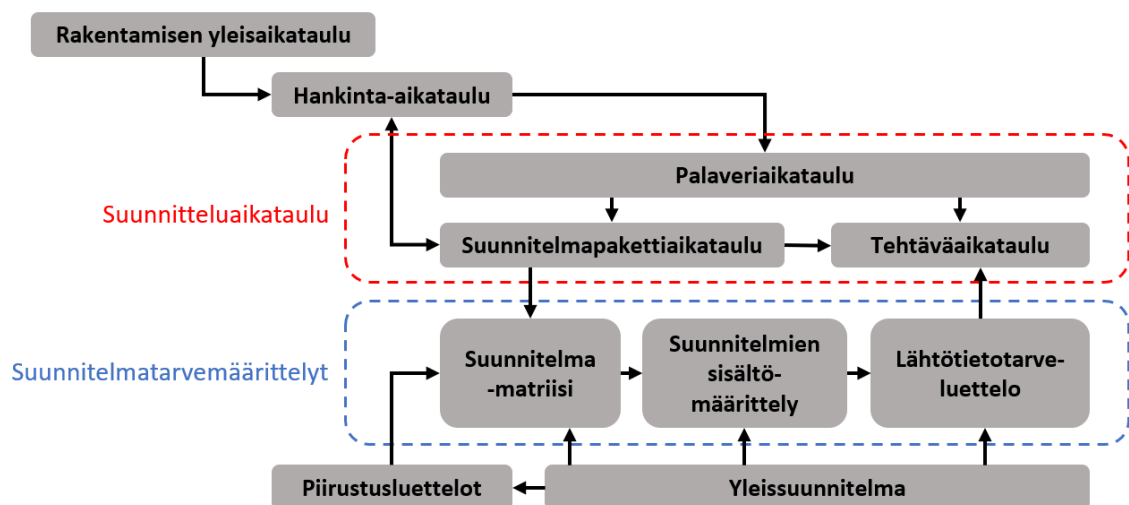
väärinymmärrysten kitkemiseksi, vesikattosuunnitelmapaketin rajausta on suoritettu Talo 2000 -rakennusosanimikkeistön mukaisesti. Rakennusosanimikkeistön mukainen rajausta on välttämätön suunnittelurajojen määrittämisessä ja erityisesti tutkimuskohteessa, jossa katon muoto ja rakennusosat ovat tavallista monimuotoisempia. Nimikkeistön mukaisesti vesikattoon kuuluvat yläpohjan päälle tulevat vesikattorakenteet (1261) sekä erillisenä työvaiheena tehtävät räystäsrakenteet (1262), vesikatteet (1263), vesikattovarusteet (1264), lasikattorakenteet (1265), kattoikkunat ja -luukut (1266) sekä erityiset vesikattorakenteet (1267). (RT 14-11016 2010) Vesikaton rakennusosat on havainnollistettu kuvassa 16.



Kuva 16. Havainnollistettu kuva vesikaton rakennusosista Talo 2000 -rakennusosanimikkeistöä noudattaen (RT 14-11016 2010)

4.2 Menetelmän kuvaus

Toteutussuunnittelun ohjausmenetelmä koostuu uudistetuista työkaluista ja niihin liittyvistä toimintavoista ja prosesseista. Menetelmä voidaan jakaa suunnittelun aikataulun ja laadun ohjaukseen. Aikataulun ohjauksessa keskeinen työkalu on suunnittelu-aikataulu ja laadun ohjauksessa puolestaan suunnitelmatarvemäärittely. Suunnittelu-aikataulu koostuu kolmesta eri aikatauluista: *palaveriaikataulu*, *suunnitelmapakettiaikataulu* sekä *tehtäväaikataulu*. Suunnitelmatarvemäärittely koostuu puolestaan *suunnitelmamatriisista*, *suunnitelmien sisältö-määrittelystä* sekä *lähtötietotarveluettelosta*. Suunnittelun ohjausmenetelmän työkalut ja lähtökohdat sekä niiden väliset riippuvuudet on havainnollistettu kuvassa 17.



Kuva 17. Suunnittelun ohjausmenetelmän työkalut ja lähtökohdat sekä niiden väliset riippuvuudet

Vaikka menetelmän työkalut, toimintatavat ja prosessi ovat uudistettuja, suurin osa niistä pohjautuu kirjallisuusselvityksessä esitettyihin SUKE ja Lean suunnittelun ohjauksen sovellutuksiin. Ainoa työkalu, joka ei pohjaudu aiempiin sovellutuksiin on suunnitelmamatriisi. Mikään menetelmän työkaluista ei pohjaudu suoraan yksittäiseen kirjallisuuden sovellutukseen, vaan kaikki työkalut on muokattu joko yhdistämällä eri sovellutuksia tai muokkaamalla työkaluja kohdeyrityksen tarpeiden mukaisiksi. Taulukossa 4. kuvataan yleisellä tasolla menetelmän työkalut ja lähteet, joihin nämä työkalut pohjautuvat. Nämä työkalut, toimintatavat ja prosessit kuvataan tarkemmin luvuissa 4.2.1 *Suunnitteluaiakataulu* ja 4.2.2 *Suunnitelmatarvemäärittelyt*.

Taulukko 4. Suunnittelun ohjausmenetelmän työkalut ja niiden alkuperäiset lähteet

Osa-alue	Työkalu	Kuvaus	Alkuperäisen lähde
Suunnittelu-aikataulu	Palaveriaikataulu	Suunnitteluaiakataulun ylin taso, joka sisältää ajankohdat hankkeen säännöllisistä palavereista ja kokouksista.	CDM
	Suunnitelmapakettiaikataulu	Suunnitteluaiakataulun keskimäinen taso, joka sisältää ajankohdat suunnitelmopakettien ja niistä koostuvien hankintapakettien suunnittelulle.	SUKE-malli, LPS, SBD, DSM
	Tehtäväaikataulu	Suunnitteluaiakataulun keskeisin työkalu, joka sisältää osapuolten lähtötieto-, yhteensovitus- ja päätöstarveajankohdat. Sisältää myös tehtävien toteutumisen seurannan.	CDM, LPS, DM
Suunnitelma-vaatimukset	Suunnitelma-matriisi	Erittelee mitä suunnitelma-asiakirjoja tarvitaan mihinkin suunnitelma- ja hankintapakettiin.	Ei alkuperäislähdettä
	Suunnitelmien sisältömäärittely	Kuvaa suunnitelmamatriisissa eriteltyjen suunnitelma-asiakirjojen sisältövaatimukset ja tarkkuustaso suunnittelualoittain hankintaa ja tuotantoa varten.	LOD
	Lähtötieto-tarve-luettelo	Erittelee suunnitelmien sisältömäärittelyn perusteella esiin nousseet osapuolten lähtötieto-, yhteensovitus- ja päätöstarpeet.	LPS, CDM

4.2.1 Suunnitteluaiakataulu

Tutkimuskohteessa suunnittelu ja rakentaminen limittyvät ajallisesti, joten suunnitteluaiakataulua on vaiheistettu hankinnan ja rakentamisen tarpeiden mukaisesti. Vaiheistusta on toteutettu jakamalla suunnittelu SUKE-mallin mukaisesti suunnitelmapaketteihin, jotka koostuvat useista eri hankintapaketeista (Kruus 2008). Perinteistä piirustusaikataulua ei ole tehty, sillä yksittäinen piirustus saattaa palvella useita eri hankintoja, joita toteutetaan eri aikoihin. Yksittäisten piirustusten tekeminen ”kerralla kuntoon” johtaa siihen, että keskitytään aikataulun kannalta väärin asioihin (Kruus ym. 2006). SUKE-mallista poiketen TATE-suunnitelmat muodostavat yhden suunnitelmapaketin, sillä TATE-urakoita hankitaan toimialoittain kokonaisurakoina eikä suunnitelmapaketeittain osaurakoina.

Perinteisesti suunnittelua on aikataulutettu pelkällä piirustus- tai hankintapakettipohjaisella aikataululla, jolloin päätöksenteon tai lähtötietojen toimitusaikataulu on puuttanut kokonaan prosessista. Jossain hankkeissa erillisiä päätöksenteko- ja lähtötietoaiakatauluja on laadittu, mutta aikatauluja ei ole integroitu suunnitteluaiakatauluun. Seurauksena päätös- ja lähtötietoaiakataulua ei ole välttämättä aina tahdistettu suunnitteluun mukaan. Suunnittelun aikataulutuksessa ei ole myöskään yleensä huomioitu suunnitelmien yhteensovittamisen, päätösten suorittamisen sekä tiedon vaihtamisen kannalta oleellisia kokouksia.

Näitä ongelmia on ratkaistu kehittämällä kolmesta eri aikatauluista koostuva suunnittelu-aikataulu. Palaveriaikatauluun on aikataulutettu hankkeen suunnitteluun liittyvät kokoukset ja palaverit, kuten allianssin johto- ja projektiryhmän kokoukset, suunnittelukokous, tietomallipalaverit ja viikkopalaverit. Suunnitelmapakettiaikataulu sisältää ajankohdat suunnitelmapakettien ja niistä koostuvien hankintapakettien suunnittelulle. Tehtäväaikatauluun sisältyy osapuolten tarvittavat lähtötiedot, päätökset ja yhteensovitukset sekä suunnittelun edistämiseksi suoritettavat tehtävät.

Suunnittelu-aikataulu pohjautuu rakentamisen yleisaikataulusta tehtyyn hankinta-aikatauluun. On olennaista kuitenkin ymmärtää, että suunnittelu-aikataulua ei voida laatia suoraan hankinta-aikataulun pohjalta. Hankinta-aikataulussa ei ole yleensä huomioitu suunnittelu-tehtävien välisiä riippuvuuksia, vaan se on laadittu puhtaasti rakentamisen yleisaikataulun ja hankintojen perusteella. Suunnittelu sisältää tehtäviä, joita pitää suorittaa kokonaisratkaisun toimivuuden varmistamiseksi jo paljon aiemmin kuin mitä hankinta-aikataulun perustella. Tämän vuoksi hankinta-aikataulua pitää yhteensovittaa suunnittelu-aikataulun kanssa. Suunnittelu-aikataulujen väliset ja niihin liittyvät aikataulujen riippuvuudet on havainnollistettu kuvassa 17.

Palaveri-, suunnitelmapaketti- ja tehtäväaikataulut ovat toisistaan riippuvaisia, joten ne on integroitu samaan taulukkoon. Yhteensovituksen helpottamiseksi, aikataulut on esitetty viikkotarkkuudella. Ajankohtia on kuitenkin mahdollista tarkentaa tarpeen mukaan esimerkiksi päiväkohtaiseksi. Aikataulut noudattavat Last Planner -prosessin periaatteita, jossa staattiset ja yleiset aikataulut ohjaavat tarkempaa ja dynaamisempaa aikataulutusta (Ballard 2000c). Palaveri- ja suunnitelmapakettiaikataulu ovat staattisia aikatauluja, jotka asettavat välitavoitteet tarkemmalle ja dynaamisemmalle tehtäväaikataululle. Palaveriaikataulu lukitaan toteutussuunnittelun alussa ja sitä päivitetään ainoastaan tarpeen merkittävästi muuttuessa. Suunnitelmapakettiaikataulua päivitetään puolestaan suunnitelmapaketeittain ennen hankintaa ja toteutusta palvelevaa suunnittelua. LPS:n mukaisesti suunnittelun ohjauksen pääpaino on tarkimmassa aikataulussa (Koskela & Koskenvesa 2003), tässä tapauksessa tehtäväaikataulussa, jota päivitetään viikon välein.

Palaveriaikataulu

Eliminoitavat hukkamuodot: kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia, lähtötiedon ja päätösten odottelu, liian aikainen suunnittelu

Palaveriaikataulu sisältää tutkimuskohteen säännölliset tapaamiset, joita tässä tapauksessa ovat allianssin johtoryhmän (AJR) ja projektiryhmän (APR) kokoukset, suunnittelukokoukset (SUKO), tietomallipalaverit ja viikkopalaverit (Kuva 18.). Epäsäännölliset palaverit, kuten suunnittelijoiden väliset yhteensoituspäätökset aikataulutetaan tehtävä-aikatauluun. Palaveriaikataulun kehittämistarve on saanut viitteitä CDM:n palaverikäytännöstä, joka on keskeinen osa suunnittelun ohjausmenetelmää.

Suunnitteluajakaulu	kk	Helmikuu			Maaliskuu			Huhtikuu			Toukokuu			Kesäkuu			Heinäkuu			Elokuu			Syyskuu													
6.2.2019	vko	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Kokous- ja palaveriaikataulu																																				
AJR			AJ				AJ					AJ					AJ										AJ					AJ			AJ	
APR			AP		AP		AP		AP		AP		AP		AP		AP		AP		AP							AP		AP		AP		AP		AP
SUKO			SK			SK				SK				SK				SK				SK														
Tietomallipalaverit				TP				TP					TP					TP										TP						TP		
Viikkopalaverit			VP		VP		VP		VP		VP		VP		VP		VP		VP		VP		VP					VP		VP		VP		VP		VP

Kuva 18. Ote palaveriaikataulusta

LPS:ssä aikataulutuksen ylimpänä tasona toimii ”yleisaikataulu” (Koskela & Koskenvesa 2003), jota tässä suunnitteluajakaulaus edustaa suunnitelmapakettiaikataulu. Tosin LPS:stä poiketen, ylimpänä aikataulutasona ei toimi suunnitelmapakettiaikataulu vaan palaveriaikataulu. Säännölliset tapaamiset ovat keskeinen osa suunnittelua, sillä suunnittelu perustuu jatkuvaan osapuolten väliseen tiedonvaihtoon (Bølviken ym. 2010). Kokouksissa ja palavereissa osapuolilla on mahdollisuus tehdä tärkeitä päätöksiä suunnittelun edistämiseksi, yhteensovittaa suunnittelua ja sopia jatkotoimenpiteistä.

Suunnittelun ohjauksen kannalta tutkimuskohteen keskeisiä palavereita ja kokouksia ovat suunnittelukokoukset, tietomallipalaverit ja viikkopalaverit. Näitä on aikataulutettu siten, että keskeisillä suunnitteluosapuolilla on mahdollisuus tavata vähintään viikon välein. Tällä menetelmällä pyritään eliminoidaan tiedon odotteluun hukattua aikaa. Viikkopalaverit ovat normaaleja suunnittelukokouksia huomattavasti lyhyempiä ja niissä on tarkoitus käydä läpi ainoastaan kriittiset asiat ja päivittää tehtäväaikausta senhetkisen tilanteen mukaiseksi. Viikkopalavereita voidaan pitää tarpeen vaatiessa myös virtuaalisesti.

Palaveriaikataulu on laadittu työntöohjaus periaatteella. Työntöohjaus luo pohjan systemaattiselle päätöksentekoprosessille, sillä suunnitelmapaketti- ja tehtäväaikausta pohjautuvat ennalta määritettyihin ajankohtiin, jolloin hankkeen keskeiset osapuolet kokoontuvat tekemään suunnittelun kannalta tärkeitä päätöksiä. Suunnitelma- ja hankintapakettien valmistumista on mahdollista aikatauluttaa siten, että ne osuvat aina suunnittelukokousten ajankohtiin. Menettely mahdollistaa pakettien katselmointia heti niiden valmistuttua, jolloin ehkäistään sitä, että paketit valmistuvat turhan aikaisin. Menettely eliminoi toisin sanoen liian aikaista suunnittelua. Hukatutkimuksessa on havaittu, että huomattava osa ajasta kuluu sopivien palaveriajankohtien etsimiseen kalenterista. Säännöllisillä ja hyvissä ajoin lukituilla tapaamisilla voidaan vähentää kyseistä hukkaa. Menettelyllä saadaan myös keskeiset osapuolet sitoutettua paremmin näiden kokousten ja palaverien osallistumiseen. Palaveriaikataulu mahdollistaa käytäntöjen lukitsemisen heti toteutus-suunnitteluvaiheen alussa siten, että päällekkäisiltä kokouksilta vältyttäisiin. Myös epä-säännöllisten tapaamisten tarve vähenee, kun suunnittelua toteutetaan säännöllisten tapaamisten pohjalta.

Suunnitelmapakettiaikataulu

Eliminoitavat hukkamuodot: suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen, tuotanto-osaamisen puutteellinen hyödyntäminen, liian aikainen suunnittelu, suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus, suunnitelmaviivästykset

Suunnitelmapakettiaikataulu käsittää LPS:n prosessin mukaisen yleis- ja vaiheaikataulutuksen. Rakentamisessa yleisaikataulu koostuu rakentamisen vaiheista, kuten maarakenus, perustukset ja runko (Kankainen & Junnonen 2000). Suunnitelmapakettiaikausta nämä vaiheet ovat ennalta määritetyt suunnitelmapaketit, kuten julkisivu-, vesikatto- ja lukituspaketti. Rakentamisen vaiheaikataulu koostuu kyseisen vaiheen tehtäväkokonaisuuksista (Kankainen & Junnonen 2000), kun taas suunnitelmapakettiaikausta, nämä tehtäväkokonaisuudet ovat suunnitelmapaketin hankintapaketteja. Suunnitelmapaketit on muodostettu SUKE-mallin mukaisesti siten, että toisistaan vahvasti riippuvaiset hankintapakettit suunnitellaan samanaikaisesti eli yhdessä suunnitelmapaketissa (Kruus 2008). Menettelyllä pyritään eliminoidaan suunnitelmien puutteellisesta yhteensovituksesta aiheutuvaa hukkaa. Hankintapakettien välisten riippuvuuksien tunnistamisessa ja pakettien järjestyksen optimoinnissa hyödynnetään riippuvuusmatriisia (DSM).

Mahdollisia suunnitelmaviivästyksiä pyritään eliminoimaan määrittämällä toteutussuunnittelutehtävien kesto ja aloitusajankohta. Menettely helpottaa työsaavutuksen mittaamista, jolloin aikataulun ennustaminen helpottuu. Suunnitelmaviivästyksiä pyritään eliminoimaan myös korostamalla Lean -johtamisfilosofian mukaisesti tiedon läpinäkyvyyden ja visualisoinnin periaatteita. Läpinäkyvyydellä tarkoitetaan suunnittelun lisäksi hankinnan ja tuotannon todellisen ajankohdan näyttämistä. Hankinnan ja tuotannon todellisen ajankohdan näyttäminen on edellytys oikeiden asioiden tekemiselle oikea-aikaisesti (JIT), sillä suunnittelu on vahvasti riippuvainen molemmista toiminnoista. Suunnitelmaviivästysten eliminointi toteutetaan ehkäisemällä osapuolten väärinkäsityksiä suunnittelun, hankinnan ja tuotannon välisistä näkymättömistä aikataulupuskureista. Todellisen tilanteen näyttäminen edistää sitoutumista aikatauluun ja ymmärrystä mahdollisten viivästysten seurauksista. Aikataulun visualisointi on toteutettu esittämällä väreittäin seuraavia asioita (Kuva 19):

- Suunnitelmapaketin ennakkokatselmus (SP-ennakkokatselmus)
- Hankintaa palveleva suunnittelu suunnitelmapaketeittain (SP-suunnittelu)
- Suunnitelmapakettikatselmus (SP-katselmus)
- Hankintaprosessi, tarvittaessa suunnitelmien päivittämien (Hankinta)
- Suunnittelun keskeytys (Suun. keskeytys)
- Toteutusta palveleva suunnittelu (TP-suunnittelu)
- Materiaalin tai palvelun toimitusaika (Toimitusaika)
- Asennuksen tai toimituksen ajankohta (Asennus)

SP-ennakkokatselmus pidetään suunnitelmapakettikohtaisesti ennen hankintoja palvelevan suunnittelun aloittamista. Katselmuksessa pyritään eliminoimaan mahdollisia suunnitelmaviivästyksiä ja -puutteita seuraavilla toimenpiteillä:

- Lukitaan suunnitelmapakettiaikataulu kyseisen suunnitelmapaketin osalta.
- Aikataulutetaan lähtötietotarveluettelossa ilmenneet lähtötieto-, yhteensovitus- ja päätöstarpeet tehtäväaikatauluun.
- Tunnistetaan ja varmistetaan suunnittelun muut edellytykset, kuten resurssit ja työkalut.
- Lukitaan hankintaan tarvittavat suunnitelmat ja niiden sisältövaatimukset.
- Täsmennetään suunnitelmien laajuus ja ratkaisujen laatuvaatimukset sekä suunnittelu- ja hankintarajat.

		SP-ennakkokatselmus				SP-suunnittelu				SP-katselmus				Hankinta				Suun. keskeytys				TP-suunnittelu				Toimitusaika				Asennus				Loma				
Suunnitteluaiakataulu	kk	Helmikuu				Maaliskuu				Huhtikuu				Toukokuu				Kesäkuu				Heinäkuu				Elokuu				Syyskuu								
6.2.2019	vko	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39			
Kokous- ja palaveriaikataulu																																						
Suunnitelmapakettiaikataulu																																						
SP8 Vesikatto																																						
VK rakenteet	37600																																					
Ullakon erityisrakenteet	37600																																					
VK harkkomuuraus	37690																																					
Vedeneristys- ja viherkatto	37800																																					
Katto- ja SP-luukut	42200																																					
Vesikattovarusteet	37385																																					
Tiilikate	37400																																					
VK Pellitys	35360																																					

Kuva 19. Ote suunnitelmapakettiaikataulusta

Hukkatutkimuksessa todettiin että, mitä myöhemmin suunnitelmapuutteet havaitaan ja korjataan, sitä suurempi on siitä aiheutuvan hukan suuruus ja vaikuttavuus. Lisäksi kaikkia suunnitelmapuutteita ei voida ennaltaehkäistä. Tämän vuoksi pääpainon on oltava

myös niiden mahdollisimman aikaisessa tunnistamisessa ja korjauttamisessa eli suunnittelun tarkastamisessa. Näin ollen hankintoja palvelevan suunnitelmapaketin valmistuttua, pidetään SUKE-mallin mukainen katselmus. Katselmuksessa tarkastetaan suunnitelmien käyttö- ja toteutuskelpoisuus sekä tavoitteenmukaisuus sisällön, ratkaisujen, tarkkuustason, kustannuksen ja laajuuden osalta (Kruus 2008). Menettelyllä pyritään ehkäisemään hankintojen toteuttamista puutteellisilla suunnitelmissa.

Suunnitelmien puutteellisesta tarkastamisesta johtuvaa hukkaa pyritään eliminoidaan suorittamalla tarkastusta SUKE-mallin mukaisesti jokaisen suunnitelmapaketin valmistuttua (Kruus 2008). Kyseistä hukkaa eliminoidaan myös hyödyntämällä tarkastuksessa suunnitelmamatriisia sekä suunnitelmien sisältömäärittelyä. Lisäksi tarkastuksessa hyödynnetään SUKE-mallin mukaisesti hankinnan, tuotannon ja suunnittelun asiantuntijoita (Kruus 2008). Erityisesti tuotantoasiantuntijoiden hyödyntäminen eliminoi tuotantoosaamisen puutteellisesta hyödyntämisestä aiheutuvaa hukkaa. Kyseinen hukka heijastuu myöhäisissä suunnitelmamuutosehdotuksissa, jotka johtavat merkittäviin uudelleensuunnittelukierroksiin ja suunnitelmaviivästyksiin. Hukatutkimuksessa on todettu, että tarkastusprosessin sivuuttaminen suunnittelun aikataulutuksesta on osasy s suunnitelmien puutteelliseen tarkastamiseen. Tämän vuoksi jokaiseen suunnitelmapaketin katselmointiin ja katselmoinnissa todettujen suunnitelmapuutteiden korjaamiseen on varattu lähtökohtaisesti kaksi viikkoa aikaa. Ensimmäinen viikko on varattu puutteiden havaitsemiseen ja katselmointiin ja toinen viikko on varattu puutteiden korjaamiselle.

Suunnitelmapakettiaikataulu pohjautuu SUKE-mallin mukaisesti työntö- ja imuohjaukseen (Kruus 2008). Mallista poiketen työntöohjausta sovelletaan hankintaprosessin aloitukseen saakka, eikä suunnitelmapakettikatselmukseen saakka. Syynä tähän on se, että hankintaprosessia pyritään käynnistämään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa eli välittömästi kun suunnitelmat todetaan hankintakelpoiksi. Tällä tavoin urakoitsijat ja toimittajat saadaan sitoutettua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin niiden asiantuntemusta voidaan hyödyntää suunnitelturatkaisujen kehittämisessä.

Suunnittelun osalta hankintaprosessi toteutetaan joukkopohjaisen suunnittelun kaltaisesti imuohjatusti. Joukkopohjaisesta suunnittelusta sovelletaan periaatetta, jossa suunnitteluratkaisun toteutettavuutta tarkistetaan ennen sen lukitsemista (Sobek ym. 1999). Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelu keskeytetään hankinnan ajaksi kyseisen hankintapaketin osalta, jotta mahdolliset muutosehdotukset ehditään huomioida ennen toteutusta palvelevan suunnittelun aloitusta. Imuohjaus toteutetaan siten, että suunnitelmia tarkennetaan hankintaprosessin aikana vain hankinnan tarpeesta. Mikäli urakoitsijalta tai toimittajalta tulee muutosehdotuksia, niitä käsitellään yhteisesti ja suunnitelmia päivitetään tarpeen mukaan tarjous- ja sopimusneuvotteluihin. Joukkopohjaisen suunnittelun periaatteen ja imuohjauksen yhdistäminen eliminoi toteutusta palvelevan suunnittelun osalta liian aikaista suunnittelua, sillä suunnitelmia tuotetaan vain oikeaan tarpeeseen ja vasta kun niitä oikeasti tarvitaan. Toteutusta palveleva suunnittelu toteutetaan vahvasti työmaan tarpeiden mukaisesti hankintapaketeittain imuohjatusti, jolloin saadaan suunniteltua oikeat asiat oikeaan aikaan.

Tehtäväaikataulu

Eliminoitavat hukkamuodot: kokouksiin tarpeeton osallistuminen, kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia, Epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa, suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä, suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus, lähtötiedon ja päätösten odottelu sekä suunnitelmaviivästykset

Keskeinen syy useaan puutteellisen suunnittelun hukkamuotoon on tehtävien ohjaus liian isoilla tehtäväkokonaisuuksilla. Tämän vuoksi suunnitelmapakettiaikataulun lisäksi syntyi tarve tehtäväaikataululle, jossa isoja tehtäväkokonaisuuksia pilkotaan pienempiin tehtäviin. Kuten LPS:ssä myös tässä suunnittelun ohjausmenetelmässä pääpaino on tarkimman aikataulun ohjauksessa, sillä sen avulla varmistetaan suunnittelun saumaton jatkuminen (Koskela & Koskenvesa 2003). Tosin LPS:n viikkosuunnitelmasta poiketen, tehtäväaikatauluun ei sisällytetä kaikkia suunnittelutehtäviä vaan CDM:n mukaisesti ainoastaan arvoa tuottavat suunnittelun edellytykset (Bølviken ym. 2010). Menettelyllä pyritään eliminoimaan tarpeettomien tehtävien toteuttamista. Suunnittelun edellytyksillä tarkoitetaan tehtäviä, jotka vaikuttavat toisen suunnitteluosapuolen suunnitteluun. Näitä tehtäviä ovat esimerkiksi erilaiset lähtötieto-, päätös- ja yhteensovitusarpeet (Bølviken ym. 2010). Erityisesti yhteensovitusarpeita koordinoimalla pyritään eliminoimaan puutteellisesta yhteensovituksesta johtuvaa hukkaa. Tehtävät voidaan luokitella myös suunnittelun esteiksi, jolloin tehtäväaikataulu toimii LPS:n mukaisesti ”estelokina”, jossa esteitä pyritään tunnistamaan ja poistamaan ajoissa sekä systemaattisesti (Koskela & Koskenvesa 2003).

Tehtävien sisältö määritellään kuvan 20. mukaisesti yksittäiseen taulukkosoluun, johon kirjataan tarvittaessa myös mitä suunnitelma- tai hankintapakettia kyseinen tehtävä koskee. Lisätietoa voidaan tarpeen mukaan lisätä solun kommenttikenttään. Rasitetut laatikot tarkoittavat toteutettuja tehtäviä ja rastittamattomat puolestaan toteuttamattomia tehtäviä. Taulukon sarakkeet kuvaavat tehtävän määräajan viikkotarkkuudella ja rivit määrittävät tehtävälle vastuuosapuolen. Määräaikaa voidaan tarvittaessa tarkentaa päiväkohtaiseksi kirjaamalla laatikkoon päivämäärä, johon mennessä tehtävä on suoritettava. Jokaiselle suunnittelualalle ja osapuolelle on oma väri, jota hyödynnetään tehtävien riippuvuuksien visualisoinnissa. Väri kertoo mikä suunnitteluala tai osapuoli on riippuvainen tehtävän valmistumisesta. Osapuolia pyritään sitouttamaan paremmin tehtävien toteuttamiseen aikataulussa asettamalla jokaiselle tehtävälle vastuuosapuolen, riippuvuuden ja tavoiteajankohdan. Riippuvuuksien visualisoinnilla osapuolet kykenevät hahmottamaan paremmin omien tehtäviensä viivästysten vaikutukset, minkä vuoksi suunnitelmaviivästyksestä ja tiedon odottelun seurauksesta aiheutuvaa hukkaa on mahdollista vähentää. Riippuvuuksien visualisoinnilla pyritään myös tunnistamaan tehtävät, jotka ovat keskinäisriippuvaisia. Näitä tehtäviä on mahdollista toteuttaa tehokkaasti hyödyntämällä esimerkiksi ICE-sessioita (Chachere ym. 2004). Tehtävät, jotka vaativat pidempi aikaista yhteistyöskentelyä voidaan puolestaan suorittaa esimerkiksi Big Room työskentelykonseptillä (Aasland & Blankenburg 2012). ICE:llä ja Big Roomilla pyritään eliminoimaan tiedon odotteluun kuluva hukka-aikaa.

Merkittävä suunnitelmaviivästykseen ja -puutteisiin johtava hukkamuoto on suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla. Tämän vuoksi tehtäväaikataulun pääpaino on näiden lähtötieto- ja päätösarpeiden ohjauksessa. Tehtäväaikataululla pyritään tunnistamaan kriittiset lähtötiedot ja päätökset ajoissa sekä sitouttamaan osapuolet niiden toimittamiseen aikataulussa. Lähtötieto- ja päätösarpeiden tunnistamista helpottaa menetelmän lähtötietotarveluettelo, joka integroidaan CDM:n mukaisesti suunnittelun ohjausprosessiin (Fundli & Drevland 2014) eli tässä tapauksessa tehtäväaikatauluun.

Tehtäväaikataulu pohjautuu keskustelumatriisiin, jossa osapuolet esittävät toisilleen lähtötieto- ja päätösarpeensa. Nämä tarpeet muodostavat kyseisille osapuolille tehtäviä. Perinteinen keskustelumatriisi on viikkokohtainen, jolloin matriisissa käsitellään vain

kyseisen viikon tehtävät. (Fosse & Ballard 2016) Ongelmana on se, että osa tehtävistä saattaa kestää esimerkiksi kaksi tai kolme viikkoa, jolloin niitä ei voida sijoittaa yksittäiselle viikolle. Lisäksi tarkastelemalla ainoastaan sen hetkisen viikon tehtävät, keskitytään liikaa tilannekatsaukseen eikä ennaltaehkäisevään suunnittelun ohjaukseen. Tämän vuoksi tehtäväaika- ja palaveriaikataulun keskustelumatriisiin on integroitu myös tulevien viikkojen tehtävät LPS:n valmistelevalle aikataululle periaatteita noudattaen. Tällä tavoin voidaan tunnistaa tulevat lähtötieto- ja päätöstarpeet ajoissa (Ballard 2000c), jolloin näiden odottelusta sekä puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä suoritettavasta suunnittelusta aiheutuvaa hukkaa voidaan eliminoida.

Suunnittelu- ja palaveriaikataulu		kk	Helmikuu			
3.4.2019		vko	6	7	8	9
Kokous- ja palaveriaikataulu						
Suunnittelu- ja palaveriaikataulu						
Tehtäväaika- ja palaveriaikataulu						
Rivi = Keneltä Väri = Kenelle	APR		Läpivientien ilmahuuroluku- taavoitteen lukitseminen	Pitkää varustus- aurinkopaneeliin VK-suunnittelussa?		Alustavan tiilikatteen valinta HE- suunnittelua varten
	ARK	Hissinkulun ylätilien ehdotus ja mahd. korotuksen vaikutukset VK:oon				Ehdotus tiilikate valitsemiseksi
	RAK			Hissinyttilän yhteyssovitin	Talvella erilliselle lauhtinjalustan mitoitukselle?	Raapuriakennuksen seisäremaiden suulettavuus
	LVI	VK-Päätelaiteiden varaus- ja luokituksen aloittavat sijainnit ja koko	Lauduttajainfo- rmaatio	Kattokalusteiden määritys	Sisältykö kalusta lauhtinhanke- n (TATE-urakkaan)?	
	SÄH	Vesikaton kourujen, syvennyksien ja kalliojen lammitysvastukset				
	KHK	Vesikaton kosteusteknisten selkujen läpikäynti				Räystäperiaat- toteutuskelp- avointi KH- palaverissa 27.2.

Kuva 20. Ote tehtäväaika- ja palaveriaikataulusta

Tehtäväaika- ja palaveriaikatauluun on integroitu myös osittaisesti edistymisen seurannan ominaisuudet LPS:n mukaisesti. Tehtävien toteutumisprosenttia on mahdollista seurata TPP-kuvaajalla LPS -prosessin mukaisesti. Tehtäväaika- ja palaveriaikataulua seurataan ja päivitetään viikoittain palaveriaikataulun mukaisesti suunnittelukokousten, tietomallipalavereiden tai viikkopalavereiden yhteydessä (Kuva 18.). Tehtäväaika- ja palaveriaikataulu on siis luotu siihen oletukseen, että osapuolet tapaavat viikoittain kasvotusten tai virtuaalisesti. Menettelyllä pyritään poistamaan tiedon odotteluun hukattua aikaa ja ylimääräistä sähköpostikeskustelua. Tehtäväaika- ja palaveriaikataulun ohjaus toteutetaan LPS:n periaatteita mukaillen seuraavilla viikoittain toistettavilla toimenpiteillä:

1. Osapuolet toimittavat selvityksen tehtäväaika- ja palaveriaikataulun tilanteesta vuorokauden ennen tapaamista. Selvityksessä ilmenee mitkä edellisen viikon tehtävistä jäivät toteutumatta, mitkä tehtävät toteutettiin aikataulussa ja mitkä toteutettiin myöhässä. Selvityksessä ilmenee myös syyt tehtävien toteutumatta jäämiselle tai myöhästymiselle. Jokaiselle toteutumatta jääneelle tehtävälle ehdotetaan selvityksessä uutta määräaikaa. Lisäksi selvityksessä tuodaan esille yksiselitteisesti uudet lähtötietopäätös- ja yhteensovitustarpeet sekä keneltä niitä tarvitaan ja mihin mennessä.
2. Tilanneselvityksen perustella suunnittelun ohjauksesta vastaava osapuoli päivittää tehtäväaika- ja palaveriaikataulun edellisen viikon, sen hetkisen viikon sekä tulevien viikkojen osalta.
3. Tapaamisessa päivitetty aikataulu käydään läpi osapuolten kesken tehokkaasti ja systemaattisesti. Myöhästyneiden ja toteutumatta jääneiden tehtävien vaikutuksia kartoitetaan ja tehdään tarvittavat korjausliikkeet aikatauluun. Mikäli

toteutumattomien tehtävien edellytykset ovat kunnossa, niistä muodostetaan tehtäviä tuleville viikoille. Tulevan viikon tehtävät lukitaan siten, että jokainen osapuoli sitoutuu niiden suorittamiseen. Mikäli tehtävien suorittamiselle on esteitä, ne pyritään eliminoimaan tapaamisen aikana. Ne esteet, joita ei kyetä eliminoidaan tapaamisen aikana, muodostuvat tehtäviksi osapuolille. Tulevan viikon jälkeiset tehtävät käydään läpi siten, että niiden suorittamisen mahdolliset esteet tunnistetaan ja pyritään eliminoidaan.

4. Osapuolille toimitetaan päivitetty tehtäväaikataulu välittömästi tapaamisen jälkeen.

Käytännössä tehtäväaikataulu toimii esimerkiksi siten, että rakennesuunnittelija ilmoittaa tarvitsevansa kolmen viikon päästä arkkitehdilta periaatesuunnitelman, jolloin lähtötietotarve kirjataan kyseiselle viikolle. Tätä ei kuitenkaan luokitella vielä tehtäväksi, sillä se ei osu tulevalle viikolle. Lähtötietotarvetta ei voida myöskään kirjata tehtäväksi ennen kuin sen toteuttamisen edellytykset on varmistettu. Jos tehtävän suorittamiselle on esteitä, niistä muodostetaan tehtäviä. Esimerkiksi edellytysten varmistamisessa saattaa selvitä, että periaatesuunnitelman suorittamiseksi, arkkitehti tarvitsee tilaajalta lähtötiedon viikon sisällä. Mikäli tilaaja sitoutuu toimittamaan kyseisen lähtötiedon viikon sisällä eikä sen toimittamiselle ole esteitä, siitä muodostetaan tehtävä tilaajalle.

Tiedon odottelun ja puutteellisilla lähtötiedoilla suoritettavan suunnittelun merkittävänä osasyynä pidetään perinteistä suunnittelukokouspöytäkirjaa, joka ei sovellu tehtävien ohjaustyökaluksi. Tästä huolimatta, tehtäväaikataulun ei ole tarkoitus korvata suunnittelukokouspöytäkirjaa, sillä pöytäkirja palvelee paremmin esimerkiksi päätösten dokumentoinnissa. Tehtäväaikataulu toimii pöytäkirjan tukena suunnittelutehtävien tunnistamisessa, ohjauksessa ja valvomisessa. Hyödyntämällä tehtäväaikataulun suunnittelukokouksissa varmistetaan, että kokousten pääpaino on suunnittelun edellytyksen luomisessa eikä epäoleellisten tai samojen asioiden käsittelyssä. Tehtäväaikataululla voidaan myös eliminoida osapuolten tarpeetonta osallistumista suunnittelukokouksiin tai sellaisten kokousten pitämistä, joista puuttuu keskeisiä osapuolia. Kokousten osallistuneiden tarpeellisuutta on helppo arvioida, sillä jokaiselle tehtäväaikataulussa asetetulle tehtävälle on vastuuosapuoli. Lisäksi tilanneselvityksistä selviää uusien tehtävien vastuuosapuolet.

Tehtäväaikataulun tilanneselvityksillä on tarkoitus korvata perinteisiä suunnitteluvaihe ilmoituksia, sillä suunnitteluvaihe ilmoitusten on todettu tuottavan hukkaa. Korvaamalla perinteistä suunnitteluvaihe ilmoitusta systemaattisella tilanneselvitysmenettelyllä, pyritään eliminoidaan puutteellisilla lähtötiedoilla ja päätöksillä toteutettavaa suunnittelua sekä lähtötiedon ja päätösten odottelua. Näiden hukkamuotojen eliminointi perustuu siihen, että tilanneselvitysmenettelyssä painopiste on tulevien tehtävien ja esteiden tunnistamisessa eikä sen hetkisen tilanteen kuvauksessa. Suunnitteluvaihe ilmoituksesta poiketen tilanneselvitysmenettely ei koske pelkästään suunnittelijoita vaan kaikkia hankkeen keskeisiä osapuolia, jotka ovat osa tehtäväaikatauluprosessia. Menettelyllä pyritään sitouttamaan kaikki osapuolet tasapuolisesti raportointikäytäntöön. Tilanneselvitysmenettelyllä pyritään tunnistamaan toimintapuutteiden ja -virheiden syyt mahdollisimman aikaisin ja systemaattisesti, jolloin luodaan pohja Leanin mukaiselle jatkuvan parantamisen kulttuurille.

4.2.2 Suunnitelmatarvemäärittelyt

Suunnitelmatarvemäärittelyt koostuvat kuvan 17. mukaisesti suunnitelmamatriisista, suunnitelmien sisältömäärittelystä sekä lähtötietotarveluettelosta. Suunnitelmamatriisissa eritellään mitä suunnitelma-asiakirjoja tarvitaan mihinkin suunnitelma- ja hankintapakettiin. Suunnitelmien sisältömäärittelyssä kuvataan suunnitelmamatriisissa eriteltyjen suunnitelmien sisältövaatimuksia sekä tarkkuustasoa suunnittelualoittain hankintaan ja tuotantoon. Tietomallin tarkkuustasoa kuvataan tietomallintamisen tarkkuustasomäärittelyssä. Kohteeseen oli jo laadittu tietomallintamisen tarkkuustasomäärittely YTV:n pohjalta, joten sitä ei käsitellä tässä tutkimuksessa. Lähtötietotarveluettelossa luetellaan edellä mainittujen vaatimusten perusteella esiin nousseet osapuolten lähtötieto-, yhteensovitus- ja päätöstarpeet.

Suunnittelun ohjausmenetelmän prosessikaavion (kuva 16.) mukaisesti suunnitelmatarvemäärittelyt pohjautuvat kohteen piirustusluetteloon ja yleissuunnitelmaan. Piirustusluettelo on toteutussuunnitteluvaiheen alussa suunnittelijoilta saatu luettelo kohteen hankintaa ja toteutusta palvelevista suunnitelmista. Luetteloa tarkennetaan tarvittaessa toteutussuunnittelun edetessä. Sekä piirustusluettelo että suunnitelmatarvemäärittelyt pohjautuvat yleissuunnitelmaan. Yleissuunnitelmalla ei tarkoiteta pelkästään suunnittelijoiden yleissuunnitteluvaiheen lopussa tuotettuja suunnitelma-asiakirjoja vaan muitakin suunnitelmamäärittelyihin vaikuttavia asiakirjoja ja tiedostoja. Näitä ovat muun muassa tietomallit, tietomallisuunnitelma, projektisuunnitelma, hankintasuunnitelma, määrä- ja kustannusarvio sekä suunnittelusopimusaineisto.

Suunnitelmamatriisi

Eliminoitavat hukkamuodot: suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä, liian aikainen suunnittelu

Kuten hukkatutkimuksessa on todettu, suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä saattaa aiheuttaa sitä, että suunnittelijat eivät tiedä mitä suunnitelmia tarvitaan mihinkin pakettiin. Seurauksena osa suunnitelmista saattavat jäädä uupumaan. Puutteelliset suunnitelmatarvemäärittelyt johtavat usein myös liian aikaiseen suunnitteluun. Liian aikaisessa suunnittelussa suunnittelijat saattavat tuottaa suunnitelmia, jotka eivät ole vielä ajankohtaisia.

Edellä mainittuja hukkamuotoja pyritään eliminoidaan suunnitelmamatriisilla, jossa kuvataan yksiselitteisesti, mistä hankintapaketeista suunnitelmapaketti koostuu ja mitä suunnitelmia tarvitaan mihinkin hankintaan (Kuva 21.). Suunnitelmamatriisi pohjautuu tutkimuskohteen hankinnan ja tuotannon tarpeisiin, hankintasuunnitelmaan, suunnitelmapakettiaikatauluun sekä suunnittelijoilta toteutussuunnitteluvaiheen alussa saatuihin piirustusluetteloihin.

Hukkatutkimuksen mukaan ongelmaksi muodostuvat myös suunnitelmat, jotka palvelevat useita eri hankintoja. Näiden suunnitelmien tekeminen ”kerralla kuntoon” yksittäisen hankinnan vuoksi, synnyttää hukkaa liian aikaisena suunnitteluna. Kyseistä hukkamuotoa on eliminoitu jakamalla suunnitelmat yleisiin ja vesikattokohtaisiin suunnitelmiin. Yleisillä tarkoitetaan juuri niitä suunnitelmia, jotka palvelevat useita eri hankintoja. Yleisiä suunnitelmia ei tarvitse tehdä täysin valmiiksi, vaan ainoastaan vesikattohankintojen

edellyttämälle tasolle. Esimerkiksi rakennusselostuksesta riittää ote, jossa ilmenee hankkeen yleiset tiedot ja vesikattokohtaiset tiedot.

			Vesikaton hankintapaketit						
	6.2.2019		VK harkko- muuraus	VK puu- rakenteet	Vedeneristys- ja viherkatto	Katto- ja savunpoistoluukut	Vesikatto varusteet	Tiilikate	VK Pellitys
Yleiset suunnitelmat									
AR	Asemapiirustus	1:250	x	x	x	x	x	x	x
AR	3D havainnepiirustus		x	x	x	x	x	x	x
RA	Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet		x	x	x	x	x	x	x
RA	3D havainnepiirustus		x	x	x	x	x	x	x
AR	Pääleikkaukset	1:100	x	x	x	x	x	x	x
RA	Rakennetyypit	1:10	x	x	x	x	x	x	x
AR	Julkisivupiirustukset	1:100	x	x	x	x	x	x	x
AR	Rakennusselostus		x	x	x	x	x	x	x
AR	Ulkoväriyysuunnitelma				x	x	x	x	x
Vesikattokohtaiset suunnitelmat									
AR	Vesikattopiirustus	1:100	x	x	x	x	x	x	x
RA	Vesikatto	1:100	x	x	x	x	x	x	x
AR	Räystäseriaatit	1:10	x	x	x		x	x	x
RA	Räystädetaljit	1:10		x	x		x	x	x

Kuva 21. Ote suunnitelmamatriisista

Suunnitelmien sisältömäärittely

Eliminoitavat hukkamuodot: suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen, suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä, suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus, liian aikainen suunnittelu, suunnitelmaviivästyks

Vaikka suunnitelmamatriisi luo yhteisymmärryksen hankintojen edellyttämistä suunnitelma-asiakirjoista, yksinään se ei ole riittävä, sillä osapuolten välillä esiintyy usein ristiriitaisia näkemyksiä näiden suunnitelmien sisältötarpeista. Nykyiset sisältömäärittelyt eivät ole yksiselitteisiä, jolloin ristiriitaisuutta esiintyy osapuolten välillä myös näiden tulkitatavoissa. Seurauksena suunnitelmissa saattaa esiintyä puutteita tai niistä saatetaan tehdä liian tarkkoja tai laajoja liian aikaisin eli syntyy hukkaa liian aikaisena suunnitteluna.

Edellä mainittujen hukkamuotojen eliminoinemiseksi on kehitetty toteutus suunnitelmien sisältömäärittely. Määrittely korvaa monitulkintaiset termit yksiselitteisellä erittelyllä suunnitelmien sisältövaatimuksista (Kuva 22.). Määrittely on esitetty Excel-taulukon muodossa, jolloin suunnitelmien sisältövaatimusten suodatus rakennusosan, vaatimuksen, piirustuksen tai vaiheen perusteella on mahdollista. Määrittelyä voidaan hyödyntää myös suunnitelmien sisällön ja tarkkuustason tarkastamisessa. Tämän vuoksi se mahdollistaa myös suunnitelmien puutteellisesta tarkastamisesta aiheutuvan hukan eliminointia, sillä tarkastustyökalun puuttuminen prosessista havaittiin olevan osasy kyseisen hukan toteutumiselle.

Sisältömäärittely on kehitetty yhteistyössä tutkimuskohteen suunnittelijoiden kanssa, jotta suunnittelijat pystyisivät sitoutumaan paremmin määrittelyssä esitettyjen vaatimusten toteuttamiseen. Menettelyllä pyritään myös tarkentamaan suunnittelijoiden arviota suunnittelutyön kestosta ja sitä kautta eliminoidaan mahdollisia suunnittelutyön keston aliarvioimisesta johtuvia suunnitelmaviivästyksiä.

Toteutussuunnitelmien sisältö- ja tarkkuustasomäärittely							REV:	6.2.2019														Tarkkuus				
Talo2000 Nro							AR piirustukset						RA piirustukset						Tarkkuus	Lähtötietotarveluettelo						
I	II	III	IV	V	VI	Rakennusosat / Talotekniikka- järjestelmät	Suunnitelmien sisältövaatimukset	Päällekkäiset	Julkisivupiir.	Vesikatopiir.	Rakennusosastus	Ulkoväriymlä	Rakennusperiaatteet	Rakennustyytit	Työselostus	Vesialtto	Rakennustalot	Vesialttotallit	Vesialttotallit	Kattotikk. & luukut	Vesialttopuulakit	Ulkolam. eristysrak.	Hankinta	Toteutus	Tiedon toimittaja	Lähtötieto- tai päästöstarpeen kuvaus
1						RAKENNUSOSAT																				
1	2					Talo-osat																				
1	2	6				Vesikatot																				
1	2	6	1			Vesikattorakenteet	Rakennustyyppien sijainnit	x	x				x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		
1	2	6	1	1		Vesikattorakenteen rakennekerrokset																				
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Palonkestoluokka							x									x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Ullakkotilan korkeus	x															x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Ullakkotilan alusrakenne							x									x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Ullakkotilan pystyrakenne							x									x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Ullakkotilan pystyrakenteiden ulkopuolinen pintamateriaali ja väritys		x			x											x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Tuuletuksen periaate						x	x									x	x		
1	2	6	1	1	1	Ullakkotila	Tuuletuksen sisääntulo ja poistoaukot						x				x						x	x		

Kuva 22. Ote toteutussuunnitelmien sisältöomäärittelystä ja lähtötietotarveluettelosta

Sisältöomäärittely pohjautuu LOD:n järjestelmälliseen tarkkuustasomäärittelyperiaatteen. Määrittelyssä esitetyt sisältövaatimukset on eritelty RYL:n mukaisesti rakennusosittain noudattaen Talo 2000 -rakennusosanimikkeistöä. Talo 2000 -rakennusosanimikkeistön valintaa puolsi se, että tutkimuskohteen suunnittelussa rakennusosat luokitellaan ko. nimikkeistön mukaisesti. Nimikkeistön hyödyntäminen mahdollistaa myös vaatimusten jäsentelyn suunnittelun kannalta loogiseen järjestykseen. Lisäksi se mahdollistaa määrittelyn hyödyntämisen myös muiden suunnitelmapakettien osalta. Toteutussuunnitelmien sisältövaatimukset perustuvat RYL:ssä esitettyihin suunnitteluvaatimuksiin, joita on täydennetty tutkimuskohteen asiantuntijoiden kanssa vastaamaan paremmin kohteen tarpeita suunnittelun, hankinnan ja tuotannon näkökulmasta.

RYL:stä poiketen toteutussuunnitelmien sisältöomäärittelyä on eritelty myös suunnittelualoittain ja piirustuksittain, sillä RYL ei ota kantaa, kenen toimesta ja missä asiakirjassa vaatimukset on esitettävä. Nämä asiat puuttuvat RYL:stä, sillä ne riippuvat hankkeen luonteesta ja suunnittelijoista, jolloin niitä on mahdoton vakioida. Tutkimuskohteessa vesikattosuunnitelmia toimittavat pääsääntöisesti arkkitehti ja rakennesuunnittelija, koska vesikattoon ei sisälly tuoteosakauppaa ja vesikattoon kuuluvat TATE-järjestelmät sisältyvät erilliseen TATE- suunnitelmapakettiin. Sisältövaatimukset on eritelty myös hankinnan ja toteutuksen osalta, joten vaatimuksilla on kahta eri tarkkuustasoa. Menettelyllä pyritään eliminoimaan liian tarkkojen hankintaa palvelevien suunnitelmien tuottamista.

Sisältövaatimusten erittely suunnittelualoittain on oleellinen tekijä suunnitelmapuutteiden ja suunnittelualojen välisten ristiriitojen poistamisessa. Kuten hukkatutkimuksessa todettiin, suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus johtuu osittain epäselvistä suunnittelurajoista. Epäselvät suunnittelurajat voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sen, että yksittäiset rakennusosat tai järjestelmät jäävät suunnittelemaan, sillä molemmat osapuolet olettavat toisen suunnittelevan ne.

Suunnitelmien välisiä ristiriitoja voidaan minimoida sopimalla selkeästi suunnittelurajoista, jolloin samojen asioiden esittäminen usealla eri tavalla eri suunnittelualojen toimesta vähenee. Suunnitelmatarvemääritysten erittely sisältöomäärittelyssä suunnittelualoittain vähentää päällekkäistä suunnittelua täsmentämällä sekä suunnittelijoille että muille osapuolille, mitä asioita on esitettävä kenenkin toimesta. Näin ollen voidaan todeta, että suunnitelmien sisältöomäärittely eliminoi epäselvistä suunnittelurajoista johtuvia puutteellista yhteensovitusta. Menettelyssä täytyy kuitenkin muistaa, että kokonaisuuden toimivuuden arviointi edellyttää kuitenkin suunnittelualojen välistä yhteensovitusta ja näin ollen myös päällekkäistä suunnittelua. Tämän vuoksi osa määrittelyn vaatimuksista

esitetään sekä arkkitehdin että rakennesuunnittelijan suunnitelmissa. Vaatimusten erittely suunnittelualoittain korostaa myös niitä asioita, joita esitetään esimerkiksi sekä arkkitehdin että rakennesuunnittelijan suunnitelmissa. Nämä asiat saatetaan esittää ristiriitaisesti suunnittelualojen välillä, minkä vuoksi ne edellyttävät suunnittelualojen välistä yhteensovitusta. Määrittelyn avulla on mahdollista tunnistaa etukäteen yhteen sovitettavat kohdat, joista on mahdollista muodostaa tehtäväaikatauluun siirrettäviä tehtäviä. Tämän vuoksi suunnitelmien sisältömäärittelyllä voidaan eliminoida puutteellisesta suunnittelun yhteensovittamisesta johtuvia suunnitelmaristiriitoja.

Vaatimusten erittely piirustuksittain luo yhteisen sävelen osapuolten välille. Suunnittelija näkee suoraan erittelystä, mitä asioita esitetään missäkin suunnitelmasta ja kenen toimesta. Näin ollen erittelystä on mahdollista eliminoida myös epämääräisiä viittauksia toisen suunnittelijan suunnitelmiin tai viittauksia suunnitelmiin, joita ei ole olemassa.

Suunnitelmien sisältömäärittelyssä ei oteta suoraan kantaa tietomallin tarkkuustasoon, vaan tietomallin tarkkuustaso pohjautuu tutkimuskohteen tietomallisuunnitelmassa esitettyyn tarkkuustasomäärittelyyn. Tosin tutkimuskohteen suunnittelu etenee tietomallipohjaisesti, joten suunnitelmien sisältömäärittelyn noudattaminen edellyttää tietomallin päivittämistä suunnittelun edellyttämälle tasolle.

Lähtötietotarveluettelo

Eliminoitavat hukkamuodot: suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä, suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus

Kuten kuvassa 22. näkyy, toteutussuunnitelmien sisältömäärittelyyn on integroitu myös lähtötietotarveluettelo. Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla ja päätöksillä on havaittu olevan sekä kirjallisuudessa että hukkatutkimuksessa keskeinen suunnitelmaviivästysten ja -puutteiden aiheuttaja. Puutteelliset lähtötiedot ja päätökset johtuvat osittain siitä, että niitä ei kyetä tunnistamaan tarpeeksi ajoissa. Suunnittelijoiden on haastava keksiä tyhjistä omia lähtötieto- ja päätöstarpeita, vaan tarpeet tulevat ilmi vasta ongelmia kohdatta.

Integroimalla lähtötietotarveluettelo sisältömäärittelyyn pyritään tunnistamaan kriittisimmät lähtötieto- ja päätöstarpeet etukäteen. Ajatuksena on, että kun suunnittelija käy läpi toteutussuunnitelmien sisältövaatimuksia, hän kirjaa samalla lähtötietotarveluetteloon kaikki vaatimusten perusteella mieleen ilmaantuvat lähtötieto- ja päätöstarpeet. Lisäksi suunnittelija kirjaa keneltä näitä lähtötietoja ja päätöksiä tarvitaan. Lähtötietotarveluettelo on mahdollista kirjata myös sisältömäärittelyn perusteella ilmenneet yhteensovitustarpeet ja näin työkalu edistäisi puutteellisen yhteensovituksen aiheutuvan hukan eliminointia. Nämä kaikki tarpeet käsitellään suunnitelmapaketin ennakkokatselmuksessa ja ne muodostavat sovitusti tehtäviä LPS:n ja CDM:n mukaisesti tehtäväaikatauluun. Tarpeet voidaan luokitella LPS:n mukaan suunnittelun esteiksi (Ballard 2000c) tai CDM:n mukaan suunnittelun edellytyksiksi (Bølviken ym. 2010).

4.2.3 Yhteenvedo suunnittelun ohjausmenetelmästä

Tavoitteena oli kehittää suunnittelun ohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminomaan hukkatutkimuksessa ilmenneitä merkittävimpiä toteutussuunnittelun hukkamuotoja.

Jokaiselle hukkamuodolle on onnistuttu kehittää työkalu ja siihen liittyviä toimenpiteitä, joilla tutkija olettaa, että kyseiset hukkamuodot voidaan eliminoida. Hukkamuodot, joilla on useita eri syitä, pyritään eliminoimaan useilla eri työkaluilla. Näiden olettamusten paikkansapitävyys testataan ja arvioidaan tutkimuskohteessa. Testauksen kuvaus ja tulosten arviointi on kuvattu luvuissa *4.3 menetelmän testauksen suoritus* ja *4.4 menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset*. Hukkamuodot, ja niiden eliminointaviksi kehityt työkalut, on tiivistetty alla olevaan taulukkoon.

Taulukko 5. Tutkimuksessa tunnistetut merkittävimmät hukkamuodot ja niiden eliminoinemiseksi kehitetyt työkalut

	Palaveri- aikataulu	SP-aika- taulu	Tehtävä- aikataulu	Suunni- telma- mat- riisi	Suunnitelmien sisältömäärit- tely	Lähtötieto- tarveluet- telo
Kokouksiin tarpeeton osallis- tuminen			X			
Epäoleellisten asioiden käsit- tely kokouksissa			X			
Kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia	X		X			
Suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen		X			X	
Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä			X			X
Suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemääritte- lyillä				X	X	
Suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus		X	X		X	X
Liian aikainen suunnittelu	X	X		X	X	
Lähtötiedon ja päätösten odottelu sekä suunnitelma- viivästykset	X	X	X		X	
Tuotannon puutteellinen hyödyntäminen		X				

4.3 Menetelmän testauksen suoritus

Testauksen tarkoituksena oli varmistaa kehitetyn suunnittelun ohjausmenetelmän toimivuus ja kehitystyössä tehtyjen olettamusten paikkansapitävyys tutkimuskohteessa. Kuten hukkatutkimuksessa myös testauksessa hyödynnettiin aineistokeruumenetelmänä strukturoimatonta osallistuvaa havainnointia (H) ja avointa haastattelua (A). Kyseisiä aineistokeruumenetelmiä on kuvattu luvussa 3.2. Tosin hukkatutkimuksesta poiketen havainnoinnin luonne oli aktiivinen, sillä tutkija pyrki vaikuttamaan läsnäolollaan uuden menetelmän onnistuneeseen jalkauttamiseen. Tutkija on toiminut uuden menetelmän fasilitaattorina ja suunnittelun ohjausvastuu on ollut allianssin projektipäälliköllä.

Vaikka menetelmä kattaa sekä hankintaa että toteutusta palvelevaa suunnittelua, aikataulurajoituksen vuoksi menetelmän testaus koskee ainoastaan vesikattosuunnitelmapaketin hankintaa palvelevaa suunnittelua. Vesikattopaketin hankintaa palveleva suunnittelu alkoi kuvassa 18. esitetyn suunnitelmapaketiaikataulun mukaisesti viikolla 6 pidettävällä

suunnitelmapaketin ennakkokatselmuksella ja päättyi viikolla 14 pidettävällä suunnitelmapakettikatselmuksella. Näin ollen testausajanjakso ajoittui viikoille 6-14 ja oli yhteensä kahdeksan viikon mittainen.

Koska suunnittelun ohjausmenetelmän testausta suoritettiin ainoastaan vesikaton hankintaa palvelevalle suunnittelulle, muu suunnittelun ohjaus eteni perinteisillä menetelmillä. Tämä puolestaan johti siihen, että kaikkia uudistettuja toimintatapoja ja työkaluja ei voitu hyödyntää tai niitä hyödynnettiin vain osittain. Uudistettu suunnittelun ohjausmenetelmä sisältää uusia toimintatapoja ja työkaluja, joiden opetteleminen pelkästään vesikattopakettin hankintaa palvelevan suunnittelun takia olisi ollut osapuolille liian raskas prosessi. Lisäksi kahden eri menetelmän soveltaminen täysimääräisenä samanaikaisesti, olisi sekoittanut liikaa suunnittelun ohjauksen prosessia.

Testaus käynnistettiin suunnitelmapakettiaikataulun mukaisesti 5.2.2019 pidettävällä suunnitelmapakettiennakkokatselmuksella. Katselmukseen kutsuttiin kohdeyrityksen edustajien lisäksi pakettiin liittyvät keskeiset suunnitteluosapuolet, kuten arkkitehti, rakenne-, LVI-, ja sähkösuunnittelijat. Menetelmän mukaisesti SP-ennakkokatselmuksessa lukittiin suunnitelmapakettiaikataulu vesikaton osalta ja aikataulutettiin tehtäväaikatauluun arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan toimesta lähtötietotarveluetteloon kirjatut lähtötieto- ja päätöstarpeet. Katselmuksessa täsmennettiin myös suunnittelijoille etukäteen kommentoitavaksi lähetettyä suunnitelmien sisältömäärittelyä muutaman epäselvän kohdan osalta. Lisäksi suunnitelmien sisältömäärittelyn perusteella tunnistettiin ja aikataulutettiin tehtäväaikatauluun keskeiset yhteensovitustarpeet. Katselmuksessa esiteltiin uudistettua suunnittelun ohjausmenetelmää osapuolille, ja sovittiin menetelmään liittyvistä pelisäännöistä.

Tehtäväaikataulun testausta suoritettiin päivittämällä sitä suunnittelukokouksissa ja tietomallipalavereissa edellä mainitulla ajanjaksolla. Tapaamisia oli yhteensä viisi ja niitä järjestettiin kuvassa 18. esitetyn palaveriaikataulun mukaisesti kahden viikon jaksotuksella. Tehtäväaikataulua käytiin läpi siten, että edellisen kokousvälin tehtävien toteutumista kartoitettiin ja samalla tehtäväaikataulua päivitettiin tulevan kokousvälin osalta. Ensimmäisen tapaamisen jälkeen päivitetty tehtäväaikataulu toimitettiin osapuolille sähköpostitse ja tämän jälkeen päivitettyt tehtäväaikataulut tallennettiin kaikille nähtäväksi yhteiseen projektipankkiin.

Suunnittelun ohjausmenetelmään kuuluvia viikkopalavereita ei tutkimuskohteessa pidetty, sillä suunnittelijat kokoontuivat itsenäisesti viikon välein. Lisäksi viikkopalaverin pitäminen pelkästään vesikattosuunnittelun osalta todettiin liian väkinäiseksi. Suunnitteluvaiheilmoitukset ovat toimineet koko toteutussuunnitteluvaiheen aikana tutkimuskohteen keskeisenä seurantatyökaluna, joten edellä mainituitten syiden takia tehtäväaikataulun tilanneselvitysmenettelyä ei otettu käyttöön. Myös tehtävien toteutumisprosenttiseurantaa ei otettu käyttöön testauksessa, sillä vesikattosuunnitelmapaketin todettiin muodostavan liian pienen kokonaisuuden kyseiselle seurannalle.

Testausvaihe päätettiin 2.4.2019 pidettävällä vesikaton suunnitelmapakettikatselmuksella. Katselmuksessa tarkastettiin valmistuneiden suunnitelmien tavoitteenmukaisuus ja toteuttamiskelpoisuus. Näiden katselmusten lisäksi hankkeessa pidettiin myös vesikattoon liittyviä suunnittelunaikaisia katselmuksia, joissa tarkasteltiin rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta.

4.4 Menetelmän arviointi ja kehitysehdotukset

Palaveriaikataulu

Palaveriaikataulun havaittiin olevan yksinkertainen ja toimiva työkalu allianssihankkeessa, jossa osapuolet tapaavat toisiaan useammin kuin perinteisissä toteutusmuodoissa. Lukitsemalla kokouskäytäntöjä hyvissä ajoin, vailla keskeisiä osapuolia pidettävien kokousten määrä väheni, sillä osapuolet pystyivät hyvissä ajoin sitoutumaan kokousten ja palaverien osallistumiseen. Menettely tehosti myös kokousten läpivientiä, sillä aikaa ei ole kulunut uuden sopivan tapaamisajankohdan etsimiseen kalenterista. Tosin suunnittelukokouksista oli edelleen puuttunut keskeisiä osapuolia. Esimerkiksi käyttäjän puuttuminen suunnittelukokouksista aiheutti päätösten viivästymistä. Kyseistä ongelmaa ja sen syitä kuvataan tarkemmin tehtäväaikataulun arvioissa. (H)

Palaveriaikataulun integrointi suunnitelmapaketti- ja tehtäväaikataulun kanssa samaan taulukkoon loi systemaattisen pohjan päätösten ja tarkastusten aikataulutukseen, jolloin lähtötiedon ja päätösten odottelusta johtuvaa hukkaa onnistuttiin minimoimaan. Esimerkiksi suunnitelmapaketin valmistumista aikataulutettiin ajoissa siten, että suunnitelmapakettikatselmus pystyttiin pitämään heti seuraavalla viikolla suunnittelukokouksen yhteydessä. Allianssin projektiryhmältä tarvittavia päätöksiä pystyttiin aikatauluttamaan tehtäväaikatauluun siten, että osuivat aina projektiryhmän kokousajankohtiin. (H)

Suunnitelmapakettiaikataulu

Suunnittelun ohjausmenetelmässä suunnitelma- ja hankintapakettien välisten riippuvuussien tunnistamisessa ja pakettien optimaalisimman järjestyksen löytämisessä tulisi hyödyntää riippuvuusmatriisia. Aikataulusyistä riippuvuusmatriisia ei kuitenkaan otettu käyttöön, vaan suunnitelmapaketit laadittiin ja aikataulutettiin SUKE-malliin pohjautuen. Tästä huolimatta, suunnitelmapakettiaikataulun käytössä havaittiin olevan useita hyviä puolia.

Havainnollistamalla suunnitelmapakettiaikataulussa koko toimitusketjua, osapuolet pystyivät hahmottamaan ja sisäistämään paremmin suunnitelmaviivästysten vaikutukset (A). Tehtäväaikataulun ja suunnitelmapakettiaikataulun integrointi samaan taulukkoon helpotti aikataulujen yhteensovittamista, eikä aikataulujen ohjauksessa tarvinnut seurata useita eri asiakirjoja. Myös tehtäväaikataulun muutosten vaikutus suunnitelmapakettiaikatauluun oli helpompi havainnollistaa osapuolille. Arkkitehdin osalta ulkoväriyysuunnitelmaa lukuun ottamatta, kaikki suunnitelmat oli toimitettu sovitussa aikataulussa, joten näiden toimenpiteiden voidaan todeta eliminoineen suunnitelmaviivästyksiä. Ulkoväriyysuunnitelmaa ei ole voitu toimittaa aikataulussa, sillä se edellytti ulkoisen kokonaisuu-den hahmottamista ja värimaailman yhteensovittamista korttelin muiden rakennushankkeiden kanssa. (H) Tutkija epäilee, että perinteisellä suunnitteluaikataululla ja suunnittelun ohjausmenetelmillä kyseinen paketti ei olisi valmistunut ajallaan. Vaikka paketti olisi valmistunut ajallaan, olisi se ollut huomattavasti puutteellisempi, sillä kohteen vesikatto on erittäin monimuotoinen ja pakettiin sisältyi useita eri reunaehdoja ja yhteensovitettavia asioita.

Tosin kaikkia suunnitelmaviivästyksiä ei ole onnistuttu eliminoimaan, koska rakenne-suunnittelun vesikattopaketti oli kokonaisuudessaan myöhässä noin kahden viikon verran (H). Merkittävin syy myöhästymiselle oli suunnittelijan mukaan hankkeen muun suunnittelun myöhästymisen, minkä vuoksi vesikattopaketin suunnittelua ei ole päästy

aloittamaan aikataulun mukaisesti (A). Muu suunnittelu on ollut myöhässä johtuen useista eri syistä, joista merkittävämmät olivat urakoitsijan myöhäisten muutosehdotusten sekä viranomaisvaatimusten aiheuttamat lisä- ja uudelleensuunnittelukierrokset (H, A). Ratkaisuehdotus urakoitsijan myöhäisiin muutosehdotuksiin on käsitelty luvussa 4.2.1, mutta viranomaisvaatimusten aiheuttamia lisätöitä ei ole huomioitu suunnittelun ohjausmenetelmän kehittämisessä. Viranomaisvaatimukset ovat selkeä epävarmuustekijä, jota on vaikea ennakoida ja täten eliminoida. Tämän vuoksi kyseiseen epävarmuustekijään pitäisi jatkossa suunnittelussa varautua riittävillä resurssi-, kustannus- ja aikatauluvarauksilla.

Merkitsemällä suunnittelun aloitusajankohdan suunnitelmapakettiaikatauluun ja pitämällä SP-ennakkokatselmuksen, onnistuttiin eliminoidaan liian aikaista suunnittelua vesikaton osalta. SP-ennakkokatselmuksessa sovittiin myös suunnittelun aikaisista suunnitelmapakettikatselmuksista, jotka mahdollistivat suunnitelmaluonnosten arviointia hyvissä ajoin jo ennen niiden valmistumista. Suunnitelmapakettiaikataulun SP-katselmuksenmenettely mahdollisti tuotannon osaamisen hyödyntämisen heti hankintaa palvelevien suunnitelmien valmistuttua ja ennen hankinnan käynnistämistä. Tuotannon osaamista hyödynnettiin erityisesti suunnitteluratkaisujen rakennettavuuden ja kustannusten arvioinnissa. Aikatauluvaraus mahdollisti myös suunnitelmien sisällön perusteellisemmän tarkastuksen, jolloin suunnitelmien puutteellisesta tarkastamisesta johtuvaa hukkaa onnistuttiin eliminoidaan. (H)

Suunnitelmapakettiaikataulu loi edellytykset suunnittelualojen väliselle yhteensovitukseen vesikaton osalta, sillä se mahdollisti arkkitehti- ja rakennesuunnittelun suorittamista samanaikaisesti. Tosin rakennesuunnittelun aloituksen viivästyminen edellä mainituista syistä heijastui kyseisten suunnittelualojen välisenä puutteellisuksena yhteensovitukseksi. Tämä näkyi siten, että arkkitehdin vesikattosuunnitelmat olivat lähes valmiit, kun taas rakennesuunnittelija vasta käynnisti näiden suunnittelua. (H)

Tehtäväaikataulu

Menetelmän käyttöönotto kesken toteutussuunnitteluvaihetta vaikeutti uusien toimintatapojen ja työkalujen jalkauttamista osapuolille, sillä he olivat jo ehtineet tottua perinteisiin toimintatapoihin ja työkaluihin. Tämän vuoksi menetelmä jouduttiin ottamaan käyttöön osittaisena, minkä vuoksi kaikkia menetelmän mahdollistamia etuja ei voitu saavuttaa. Käyttöönottoa vaikeutti myös se, että osapuolet eivät ymmärtäneet menetelmän antamia hyötyjä heti testausvaiheen alussa. Erityisesti tehtäväaikataulumenettelyn sisäistäminen tuotti osapuolille vaikeuksia. (H)

Suunnittelukokouksissa epäoleellisten tai samojen asioiden käsittelystä aiheutuvaa hukkaa ei ole onnistuttu eliminoidaan, sillä tehtäväaikataulun läpikäynti osana perinteistä suunnittelukokousta aiheutti osittain asioiden kaksinkertaisen käsittelyn. Syyksi havaittiin se, että kokouspöytäkirja sisälsi osittain samoja asioita kuin tehtäväaikataulu, jolloin asiat käytiin ensin läpi kokouspöytäkirjan kirjausten perustella ja myöhemmin vielä tehtäväaikataulun osalta. (H) Kuten luvussa 4.2.1 todettiin, tehtäväaikataulun ei ole tarkoitus korvata suunnittelukokouspöytäkirjaa, vaan toimia sen tukena tehtävien ohjauksessa. Jatkokehityksen kannalta onkin oleellista kirkastaa näiden kahden eri työkalujen väliset erot ja käyttötarkoitukset niin, että päällekkäiskäyttöä välttyttäisiin. Toisena vaihtoehtona on korvata kokouspöytäkirjat kokonaan tehtäväaikataululla. Menettely edellyttää kuitenkin tehtäväaikataulun kehittämistä siten, että kirjauksia olisi mahdollista tehdä tehokkaasti ja dokumentoidusti. Suunnittelukokouksiin tarpeettomasta osallistumisesta aiheutuvaa

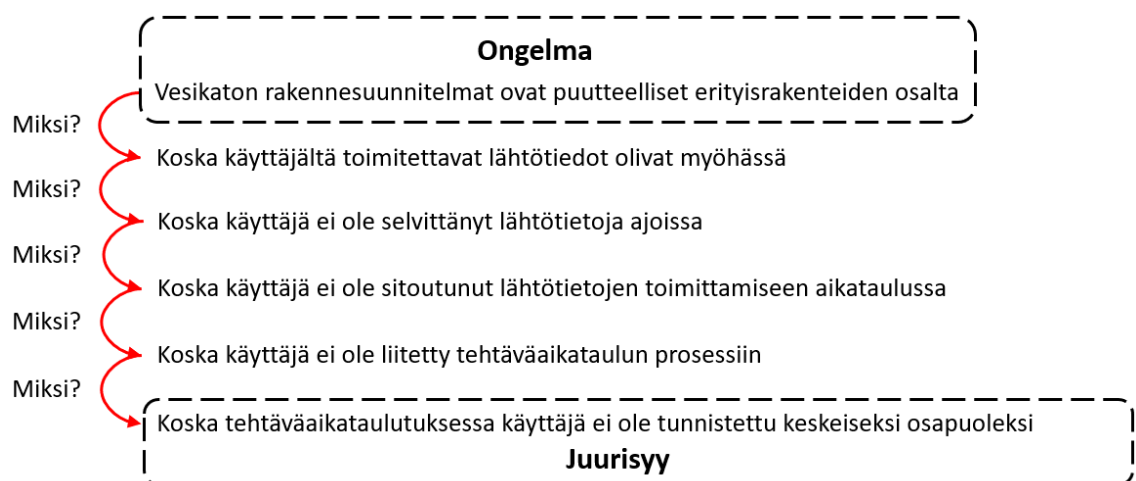
hukkaa ei ollut mahdollista eliminoida, sillä muut suunnitelmapaketit ohjattiin perinteisellä kokousmenettelyllä.

Viikkopalavereiden pitämättä jättäminen aiheutti kahden viikon mittaisen kokousvälin, jolloin suunnittelun ohjausmenetelmästä poiketen tehtäväaikataulua ei päivitetty viikon vaan kahden viikon välein. Tämä tarkoittaa, että joihinkin ongelmiin päästiin reagoimaan vasta kahden viikon kuluessa, jolloin aikataulun kiinni kurominen oli paljon työläämpi prosessi. Myös osapuolten sitouttaminen yhden viikon sijasta, kahden viikon tehtävien suorittamiseen oli haastavampaa. (H)

Tilanneselvitysmenettelyn korvaaminen perinteisillä suunnitteluvaiheilmoituksilla johti siihen, että suurempi osa kokouksen ajasta kului tehtäväaikataulun päivittämiseen (H). Tilanneselvitysmenettelyllä pyritään lyhentämään tehtäväaikataulun päivittämiseen käytettyä kokouksen arvokasta aikaa, sillä tehtäväaikataulua on mahdollisuus päivittää alustavasti jo ennen kokousten alkamista. Tilanneselvityksen hyödyntämättä jättäminen aiheutti myös puutteita osapuolten sitoutumisessa tehtäväaikataulun tehtävien suorittamiseen aikataulussa. Sitoutumista vaikeutti myös tehtävien toteutusprosenttiseurannan hyödyntämättä jättäminen. (H)

Tehtäväaikataulu havaittiin olevan sopiva työkalu osapuolten välisten yhteensovitustarpeiden koordinoimiseen. Tosin kuten suunnitelmapakettiaikataulun arvioinnissa on todettu, rakennesuunnittelun aloitusajankohdan viivästymisen takia suunnitelmia ei ole ehditty yhteensovittaa aikataulussa. Myös vesikaton LVI- ja arkkitehtisuunnitelmien välillä esiintyi ristiriitoja, joiden syyt kuvataan tarkemmin suunnitelmien sisältömäärittelyn arvioinnissa. (H)

Valmistuttuaan rakennesuunnittelun vesikattosuunnitelmapaketti sisälsi kaikki tarvittavat suunnitelmat, mutta nämä olivat puutteellisia vesikaton erityisrakenteiden osalta. Puutteiden merkittävä syy oli käyttäjän toimitettavien lähtötietojen myöhästymisen. (H) Kyseisestä ongelmasta toteutettiin juurisyyanalyysi suunnitelmapakettikatselmuksen yhteydessä yhdessä hankkeen osapuolten kanssa hyödyntäen 5 x *miksi* -menetelmää. Menetelmän toimintaperiaatteet on kuvattu tarkemmin luvussa 3.2. Kuvan 23. mukaisesti analyysissä havaittiin ongelman juurisyiksi se, että käyttäjää ei ole tunnistettu keskeiseksi osapuoleksi tehtäväaikataulutuksessa.



Kuva 23. Juurisyyanalyysi vesikaton rakennesuunnitelmien puutteista

Käyttäjää ei ole tunnistettu keskeiseksi osapuoleksi tehtäväaikataulutuksessa, sillä käyttäjä on osa allianssia. Näin ollen käyttäjä ei tee päätöksiä itsenäisesti vaan lopulliset päätökset tekee allianssin projektiryhmä. Kuitenkin LPS -periaatteiden mukaisesti vastuu tehtävien suorittamisesta on annettava juuri kyseiselle osapuolelle, joka niitä oikeasti suorittaa (Ballard 2000c). Tämän vuoksi allianssiosapuolet, kuten käyttäjä, tilaaja ja rakentaja, on jatkossa liitettävä tehtäväaikatauluun ja sen prosessiin yksittäisinä osapuolina. On tärkeää muistaa myös, että tilanneselvitysmenettely koskee kaikkia osapuolia eikä vain suunnitteluosapuolia. LPS -periaatteiden mukaisesti käyttäjä olisi ollut keskeinen osapuoli suunnittelukokouksissa, joten vailla keskeisiä osapuolia pidettävistä kokouksista aiheutuvaa hukkaa ei ole onnistuttu eliminoidaan tutkimuskohteessa. Näin ollen myös lähtötiedon odottelusta sekä puutteellisilla lähtötiedoilla suoritettavasta suunnittelusta aiheutuvaa hukkaa ei ole voitu eliminoida kokonaan prosessista.

Edellä mainittu lähtötietotarve on tunnistettu kriittiseksi jo SP-ennakkokatselmuksessa, mutta käyttäjän ja allianssiprojektiryhmän päätöksentekoprosessin kesto yllätti. Päätöksentekoprosessin keston vaikutti käyttäjän ja allianssin projektiryhmän monimuotoisen organisaation lisäksi myös allianssin toteutusmuodon kaksijakoinen luonne. (H) Pitkässä kehitysvaiheessa on varaa soveltaa normaalia hitaampaa päätöksenteko- ja suunnittelu-prosessia, kun taas toteutusvaiheessa päätökset ja suunnittelu on toteutettava rakentamisen tahdissa. Ongelmaa aiheuttaa se, että osapuolet ovat tottuneet kehitysvaiheen rauhalliseen tahtiin, jolloin toteutusvaiheen vauhti toi tulla yllätyksenä. Olennaista on ymmärtää, että kehitysvaiheen toimintaperiaatteita ei voida suoraan soveltaa toteutusvaiheeseen, vaan toimintaperiaatteita on muokattava toteutuksen tarpeiden mukaiseksi. (A)

Suunnitelmamatriisi ja suunnitelmien sisältömäärittely

Suunnitelmamatriisista ja suunnitelmien sisältömäärittelystä oli etua suunnitelmien puutteellisesta tarkastuksesta johtuvan hukan eliminoinimisessa. Työkaluja pystyttiin hyödyntämään tehokkaasti suunnitelmien ja niiden sisällön tavoitteenmukaisuuden tarkastamisessa. Arkkitehdin suunnitelmat vastasivat pääpiirteittäin sisältömäärittelyssä asetettuja vaatimuksia. Tämän vuoksi työkalujen voidaan todeta eliminoineen osittain myös puutteellisista suunnitelmatarvemäärittelyistä aiheutuvaa hukkaa. (H)

Suunnitelmamatriisia ja suunnitelmien sisältömäärittelystä oli apua myös suunnitelmaristiriitojen tarkastamisessa ja näin ollen suunnittelun puutteellisen yhteensovituksen tunnistamisessa. Tosin työkaluissa olisi kehittämisen varaa suunnitelmien puutteellisen yhteensovituksen eliminoinimisessa, koska arkkitehdin ja LVI-suunnittelijan vesikaton tasopiirustusten välillä esiintyi ristiriitoja. Merkittävimmät ristiriidat ehdittiin kuitenkin korjaamaan ennen hankintaprosessin käynnistämistä. (H)

Yhtenä syynä edellä mainittujen ristiriitojen syntymiselle voidaan pitää sitä, että suunnitelmien sisältömäärittely kuvaa ainoastaan tiedot, joita suunnitelmien pitäisi sisältää. Määrittely ei siis varsinaisesti erittele tiedon tarkkuustason tai luotettavuuden vaatimuksia. (H) Jatkossa erityisesti hankintaa palvelevan suunnittelun osalta on olennaista täsmentää sisältömäärittelyn vaatimukset myös tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Esimerkiksi vesikaton hankinnan osalta kaikki kattokaivot on esitettävä suunnitelmissa, mutta sijainnit voivat vaihdella tietyllä säteellä.

Liian aikaista suunnittelua pystyttiin eliminoidaan suunnitelmamatriisilla ja suunnitelmien sisältömäärittelyllä. Toimitetut suunnitelmat eivät olleet liian tarkkoja hankintojen suorittamiseksi. Lisäksi suunnitelmat, jotka palvelivat useita eri suunnitelmapaketteja,

kuten esimerkiksi rakennusselostus, täydennettiin ainoastaan vesikaton osalta. (H) SP-ennakkokatselmuksessa kävi ilmi, että työkaluista oli apua myös suunnittelutyön keston arvioimisessa (A). Tämän vuoksi työkaluista oli apua suunnittelutyön keston aliarvioimisesta johtuvien suunnitelmaviivästysten eliminoinnissa.

Lähtötietotarveluettelo

Integroimalla lähtötietotarveluettelo suunnitelmien sisältömäärittelyyn, pystyivät suunnittelijat ennakoimaan omia lähtötieto- ja päätöstarpeita normaalia aikaisemmin. Seurausena lähes kaikki vesikaton lähtötieto- ja päätöstarpeet tunnistettiin heti suunnitteluvaiheen alussa. SP-ennakkokatselmuksen ansiosta, nämä kaikki tarpeet ehdittiin myös käsitellä heti suunnittelun alussa. (H) Tämän vuoksi puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä suoritettavasta suunnittelusta aiheutuvaa hukkaa, onnistuttiin osittain eliminoidaan. Kuten tehtäväaikataulun arvioinnissa todettiin, kyseistä hukkaa ei ole onnistuttu kokonaan eliminoidaan. Vaikka lähtötieto- ja päätöstarpeita tunnistettiin ja käsiteltiin ajoissa, näiden toimittamisessa esiintyi merkittäviä viivästyksiä, jotka johtivat muun muassa rakennesuunnitelmien puutteellisuuteen. (H)

Yhteenveto testauksesta

Testauksen perusteella voidaan todeta, että kokonaisuudessaan kehitetyn suunnittelun ohjausmenetelmän käyttöönotolla onnistuttiin parantamaan suunnitelmien laatua ja toimitusvarmuutta. Huomattava osa merkittävimmistä hukkamuodoista onnistuttiin eliminoidaan kokonaan tai osittain. Testauksen perusteella suunnittelun ohjausmenetelmässä on toki vielä kehittämistä ja nämä kehitysehdotukset kiteytetään diplomityön yhteenvedossa (Luku 5).

5 Pohdinta ja yhteenveto

Tämä luku käsittää tutkimuksen pohdinnan ja yhteenvedon. Ensin tarkastellaan empiirisen tutkimuksen keskeisiä tuloksia suhteessa asetettuun tavoitteeseen. Samalla tuloksia peilataan kirjallisuusselvityksessä kuvattuihin aiempiin tutkimustuloksiin ja samalla arvioidaan niiden tieteellistä kontribuutiota. Tämän lisäksi arvioidaan tutkimuksen tieteellistä kontribuutiota ja suunnittelun ohjausmenetelmän yleistettävyyttä. Lopuksi arvioidaan kriittisesti aineistokeruumenetelmien ja tulosten luotettavuutta sekä ehdotetaan tulosten pohjalta aiheita mahdollisille jatkotutkimuksille.

5.1 Tavoitteiden saavuttaminen ja tulosten peilaaminen kirjallisuuteen

Tässä diplomityössä tarkasteltiin toteutussuunnittelun hukkaa ja sen eliminointia. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää suunnittelunohjausmenetelmä, jolla pyritään eliminoidaan toteutussuunnittelun merkittävimpiä hukkamuotoja. Tavoitteen saavuttamiseksi muodostettiin kolme tutkimuskysymystä, joihin pyrittiin vastaamaan kirjallisuusselvityksessä ja empiirisessä tutkimuksessa. Ensimmäinen tutkimuskysymys oli muotoiltu seuraavasti:

”Minkälaista hukkaa esiintyy toteutussuunnittelussa?”

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa toteutussuunnittelussa esiintyviä hukkamuotoja. Kirjallisuusselvityksessä tunnistetut hukkamuodot olivat tiedon odottelu, uudelleensuunnittelu, suunnitelmien tarkastus, tiedon siirtyminen ja suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä (Huovila ym. 1997, Koskela 2004). Kyseiset hukkamuodot luokiteltiin kirjallisuusselvityksen yhteenvedossa Likerin (2010) hukkaryhmittelyn mukaisesti. Kirjallisuudessa kaikille Likerin (2010) hukkaryhmille ei löytynyt vastaavaa suunnittelun hukkamuotoa. Tutkija kuitenkin oletti, että ylituotannolle, liikkumiselle, varastoille ja työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättämiselle esiintyy vastaavaa hukkamuotoa toteutussuunnittelussa. Lisäksi kirjallisuudessa tunnistetut hukkamuodot eivät koskeneet pelkästään toteutussuunnittelua, vaan suunnittelua yleisesti. Näiden syiden vuoksi syntyi tarve tutkia hukkaa syvällisemmin tutkimusaiheen kontekstissa empiirisen hukkatutkimuksen muodossa.

Hukkatutkimuksen empiria kerättiin pääsääntöisesti havainnoimalla tutkimuskohteessa esiintyviä hukkamuotoja sekä suorittamalla avoimia haastatteluita tutkimuskohteen osapuolille. Hukkamuotoja tunnistettiin myös työpajatyöskentelyllä, joka toteutettiin alan asiantuntijoille. Hukkatutkimuksessa tunnistettiin yhteensä 15 eri hukkamuotoa siten, että jokaiselle Likerin (2010) hukkaryhmälle onnistuttiin löytämään vastaavaa toteutussuunnittelun hukkamuotoa. Nämä kyseiset hukkamuodot kiteytettiin taulukkoon 3.

Kirjallisuuteen peilaten hukkatutkimuksessa tunnistettuja uusia hukkamuotoja olivat ylisuunnittelu, epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa, kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia, kokouksiin tarpeeton osallistuminen, suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen, liian aikainen suunnittelu, tarpeettomien suunnitelmien tuottaminen, tiedon etsiminen sekä tuotannon puutteellinen hyödyntäminen.

Suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä oli tunnistettu keskeiseksi hukkamuodoksi sekä kirjallisuudessa (Koskela 2004) että hukkatutkimuksessa. Tosin hukkatutkimuksessa kyseinen hukkamuoto on jaettu suunnittelun edellytysten perusteella kolmeen eri hukkamuotoon: suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä, menetelmillä tai työkaluilla ja suunnitelmatarvemäärittelyillä. Bølviken ym. (2010) mukaan suunnittelun liittyy useita edellytyksiä, joten kaikkien edellytysten esittäminen yhdessä hukkamuodossa olisi muodostanut liian suuren ja irrallisen kokonaisuuden. Suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä -hukkamuodon erittely helpotti myös sen syiden selvittämistä, sillä hukkatutkimuksessa on havaittu, että eri edellytysten puutteellisuudelle on olemassa erilaisia syitä.

Kirjallisuusselvityksestä poiketen uudelleensuunnittelua ei ole tunnistettu keskeiseksi hukkamuodoksi hukkatutkimuksessa, sillä sen todettiin edustavan enemmän hukkatoinnin tulosta kuin itse hukkaa. Kirjallisuudessa uudelleensuunnittelun syiksi mainittiin muun muassa suunnitelmapuutteet, -ristiriidat ja -viivästykset sekä urakoitsijan myöhäiset muutosehdotukset (mm. Boon Hui Yap & Skitmore 2018, Formoso ym. 1998, Song ym. 2009). Tämän vuoksi uudelleensuunnittelu voidaan todeta olevan puutteellisten suunnitelmien tuottamisen, puutteellisen yhteensovituksen, suunnitelmaviivästysten ja urakoitsijan puutteellisen hyödyntämisen -toimintojen tulos. Nämä kaikki toiminnot ovat puolestaan tunnistettu keskeisiksi hukkamuodoiksi hukkatutkimuksessa. Toisin sanoen, kyseisiä hukkamuotoja eliminoimalla, eliminoidaan myös uudelleensuunnittelua.

Uudelleensuunnittelun lisäksi myös suunnitelmien tarkastustoiminta on luokiteltu kirjallisuusselvitykseen nähden eri tavalla. Kirjallisuusselvityksessä suunnitelmien tarkastus on luokiteltu puhtaaksi hukaksi (Koskela & Huovila 1997), kun taas hukkatutkimuksessa ei. Suunnitelmien tarkastus tarkoittaa mahdollisten suunnitelmapuutteiden, -virheiden ja -ristiriitojen etsimistä ja niiden korjauttamista (Kavanagh. & Krings 2011). Hukkatutkimuksessa todettiin, että niin kauan kuin hankkeet ja rakennukset ovat ainutlaatuisia, kaikkia suunnitelmapuutteita ei voida ennaltaehkäistä siten, että suunnitelmien tarkastus olisi tarpeetonta. Vaikka kaikki suunnitelmat olisivat virheettömiä, suunnitelmien virheettömyyttä ei voida todeta ilman niiden tarkastamista. Tämän vuoksi tarkastusta ei voida luokitella puhtaaksi hukaksi vaan Womackin ja Jonesin (1996) mukaan se on luokiteltavissa joko tarpeelliseksi hukaksi tai arvoa tuottavaksi työksi.

Tarpeellisesta hukasta voidaan puhua, kun tarkastuksessa suunnitelmien todetaan olevan virheettömiä, jolloin tarkastus ei tuottanut minkäänlaista lisäarvoa suunnitelmille. Arvoa tuottavasta työstä voidaan puolestaan puhua, kun tarkastuksessa suunnitelmat todetaan esimerkiksi virheellisiksi. Virheiden korjaaminen parantaa suunnitelmien tavoitteenmukaisuutta ja näin ollen kasvattaa suunnitelmien arvoa. Tarpeellisen hukan eliminointi ei ole niin yksinkertaista kuin puhtaan tarpeettoman hukan, sillä se edellyttää merkittäviä muutoksia alan toimintatapoihin ja koko prosessiin. Hukkatutkimus antoi viitteitä siitä, että liian myöhään havaitut suunnitelmapuutteet aiheuttavat merkittävää hukkaa toteutussuunnittelussa. Systemaattinen ja aikainen tarkastus on edellytys puutteiden havaitsemiseen ajoissa, joten sen todettiin olevan myös kyseisen hukan keskeinen eliminoiva tekijä. Tämän vuoksi hukkatutkimuksessa suunnitelmien tarkastus on luokiteltu lähtökohtaisesti arvoa tuottavaksi työksi.

Tutkimuksen päätavoitteena oli eliminoida toteutussuunnittelussa esiintyvää hukkaa. Jotta toteutussuunnittelussa esiintyvä hukkaa voidaan eliminoida, on olennaista ymmärtää, mistä tämä hukka johtuu. Tämän vuoksi diplomityön toinen tutkimuskysymys oli muotoiltu seuraavasti:

”Mitkä ovat toteutussuunnittelun eri hukkamuotojen syyt?”

Lähes jokaiselle kirjallisuudessa tunnistetulle hukkamuodolle oli olemassa useita eri syitä, jotka on tiivistetty taulukkoon 2. Syyt voidaan kuitenkin kiteyttää kahteen pääteemaan: perinteinen suunnittelun ohjaus ja prosessin epävarmuus. Prosessin epävarmuudella tarkoitetaan suunnittelu-, hankinta- ja rakentamisprosessien luonteista johtuvia epävarmuustekijöitä. Nämä epävarmuustekijät ovat esimerkiksi suunnitteluprosessin tehtävien väliset monimutkaiset riippuvuudet (Knotten ym. 2015), hankinta palvelevien suunnitelmien tarpeiden muuttuminen hankintamuodon, toimittajan ja markkinatilanteen perusteella (Kruus 2008) sekä rakentamisen tuotannon järjestys ja viranomaiset (Koskela & Huovila 1997).

Kirjallisuuden perusteella eri hukkamuotojen ja niiden syiden välillä oli havaittavissa selkeitä syklisiä kausaliteetteja. Esimerkiksi suunnittelu puutteellisilla edellytyksillä -hukka todettiin olevan myös tiedon odottelun, uudelleensuunnittelun ja suunnitelmien tarkastuksista aiheutuvan hukan osasy. Tämän vuoksi yhden hukkamuodon eliminointi saattaa edesauttaa toisten hukkamuotojen eliminointia. Toisin sanoen, eliminoimalla puutteellisilla edellytyksillä suoritettavaa suunnittelua, eliminoidaan myös muita hukkamuotoja, kuten tiedon odottelu, uudelleensuunnittelu ja suunnitelmien tarkastaminen.

Hukkatutkimuksessa syntyi tarve eri hukkamuotojen syiden selvittämiseksi, sillä tutkimuksessa tunnistettiin kirjallisuuteen nähden uusia hukkamuotoja. Kuten hukkamuotojen kartoituksessa, myös näiden syiden selvittämisessä hyödynnettiin tutkimuskohteen havainnointia ja sitä tukevia haastatteluja sekä alan asiantuntijoille toteutettavaa työpajatyöskentelyä. Kirjallisuusselvitykseen nähden hukkatutkimuksessa tunnistettiin useita eri syitä, joita ei ole mainittu kirjallisuudessa. Tutkimuksessa havaitut uudet syyt liittyivät pääosin uusiin hukkamuotoihin. Nämä syyt on kiteytetty taulukkoon 3. Hukkatutkimuksen empiiriset tulokset vahvistivat kuitenkin kirjallisuusselvityksessä havaittuja tuloksia hukkamuotojen syistä. Vaikka hukkamuotoja oli määrällisesti enemmän kuin kirjallisuusselvityksessä olivat syyt kuitenkin kiteytettävissä kirjallisuusselvityksen kanssa samoihin teemoihin eli perinteinen suunnittelun ohjaus ja prosessin epävarmuus.

Perinteisestä suunnittelun ohjauksesta aiheutuva hukka on mahdollista eliminoida kehittämällä suunnittelun ohjausta. Tosin epävarmuudesta aiheutuvaa hukkaa on haastavampi eliminoida, sillä se johtuu suunnittelun luonteesta. Tämän vuoksi viimeinen tutkimuskysymys oli muotoiltu seuraavasti:

”Miten Lean suunnittelun ohjausta ja SUKE-mallia hyödyntämällä on mahdollista eliminoida toteutussuunnittelun hukkaa?”

Kirjallisuusselvityksessä kyseiseen tutkimuskysymykseen pyrittiin vastamaan tunnistamalla erilaisia toimintatapoja ja sovellutuksia aiemmissa tutkimuksissa mainittujen hukkamuotojen eliminoimiseksi. SUKE-mallia lukuun ottamatta kirjallisuusselvityksessä tunnistetut sovellutukset edustavat Lean suunnittelun ohjausta. Näitä sovellutuksia ovat LPS, CDM, Big Room, ICE, LOD, SBD, DM ja DSM. Kirjallisuusselvityksessä tunnistetut toimintatavat ja sovellutukset on kiteytetty taulukkoon 2.

Empiirisessä tutkimuksessa kyseiseen tutkimuskysymykseen pyrittiin vastaamaan kehittämällä uutta toteutussuunnittelun ohjausmenetelmää, jolla pyrittiin eliminoimaan hukkatutkimuksessa tunnistettuja merkittävimpiä hukkamuotoja. Merkittävimmiksi hukkamuodoiksi valikoituivat seuraavat 10 hukkamuotoa:

- Kokouksiin tarpeeton osallistuminen
- Epäoleellisten asioiden käsittely kokouksissa
- Kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia
- Suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen
- Suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla tai päätöksillä
- Suunnittelu puutteellisilla suunnitelmatarvemäärittelyillä
- Tuotannon puutteellinen hyödyntäminen
- Liian aikainen suunnittelu
- Suunnitelmien puutteellinen yhteensovitus
- Lähtötiedon ja päätösten odottelu sekä suunnitelmaviivästyks

Menetelmän kehittämisen ja kirjallisuusselvityksen lähtökohdiksi valikoituivat Lean suunnittelun ohjaus -kirjallisuus ja SUKE-tutkimus, sillä tavoitteena oli hyödyntää kansainvälisesti ja Suomessa todettuja parhaita käytäntöjä. Lean suunnittelun ohjaus kirjallisuus perustuu Lean johtamisfilosofiaan, jossa keskitytään suunnittelussa esiintyvän hukkan eliminointiin (Koskela 1992, Uusitalo ym. 2017). Tämän vuoksi sen todettiin soveltuvan tutkimuksen tavoitteeseen. Lean johtamisfilosofia on myös yhteistoiminnallisten toteutusmuotojen kulmakivi (Tillmann ym. 2012) ja tämän vuoksi sopii tutkimuksen kontekstiin. SUKE-tutkimus valittiin keskeiseksi suomalaiseksi tietolähteeksi, sillä SUKE-tutkimuksessa on keskitetty suunnittelun ohjauksen kehittämiseen projektijohtorakentamisessa (Kruus 2008). Projektijohtorakentaminen sisältää suunnittelun ohjauksen kannalta hyvinkin samanlaisia piirteitä kuin yhteistoiminnallisissa toteutusmuodoissa. Nämä yhteistoiminnalliset toteutusmuodot muodostivat suunnittelun ohjausmenetelmän kehittämisen lähtökohdan. Lisäksi SUKE-malli todettiin pohjautuvan pitkälti Leanin periaatteisiin ja tavoitteisiin, jolloin sitä on mahdollista hyödyntää yhdessä Leanin kanssa toteutussuunnittelun hukkan eliminointiin.

Menetelmän kehittämisen yhteydessä teknisten ongelmien ratkaisemisessa hyödynnettiin pääsääntöisesti RT:n tietokantaa. Toimintatutkimuksellisen lähestymistavan mukaisesti menetelmän kehitystyö suoritettiin yhdessä tutkimuskohteen asiantuntijoiden kanssa, jotta menetelmä palvelisi mahdollisimman hyvin kaikkia hankkeen osapuolia. Asiantuntijoiksi valikoituivat suunnittelun, suunnittelun ohjauksen, hankinnan ja tuotannon osapuolet.

Kehitetty suunnittelun ohjausmenetelmä koostuu suunnitteluajakaulu- ja suunnitelmatarvemäärittämisvälineistä. Suunnitteluajakaulun työkaluja olivat palaveri-, suunnitelmapaketti- ja tehtäväajakaulu. Suunnitelmatarvemäärittelyt koostuivat puolestaan suunnitelmamatriisista, suunnitelmien sisältömäärittelystä ja lähtötietotarveluettelosta. Kehitysvaiheen lopussa jokaiselle merkittävälle hukkamuodolle on onnistuttu löytämään työkalu ja siihen liittyviä toimenpiteitä, joilla kyseisiä hukkamuotoja pyritään testausvaiheessa eliminoimaan.

Menetelmä testattiin tutkimuskohteessa ja tulokset osoittivat, että sen avulla kyettiin vähentämään ja jopa eliminoimaan merkittävän osan hukkamuodoista. Hukkamuodot, joita onnistuttiin osittain eliminoimaan olivat suunnitelmien puutteellinen tarkastaminen, tuotannon puutteellinen hyödyntäminen ja liian aikainen suunnittelu. Hukkamuodot, joita onnistuttiin vähentämään, olivat kokousten pitäminen vailla keskeisiä osapuolia, suunnittelu puutteellisilla lähtötiedoilla, päätöksillä tai suunnitelmatarvemäärittelyillä, lähtötiedon tai päätösten odottelu sekä suunnitelmaviivästyks. Jatkokehitystä varten tunnistettiin menetelmän kehityskohteet, joita voidaan kiteyttää seuraavasti:

- Suunnitelmien sisältömäärittelyn vaatimukset on täsmennettävä suunnitelmien tarkkuuden ja luotettavuuden osalta.
- Tehtäväaikataulun prosessiin on sitoutettava kaikki hankkeen keskeiset osapuolet yksittäisinä osapuolina.
- Tehtäväaikataulutuksen prosessiin on sitoutettava suunnittelijoiden lisäksi kaikki hankkeen keskeiset osapuolet
- Tehtäväaikataulun ja suunnittelukokouspöytäkirjan käyttötarkoituksia on yhteensovitettava päällekkäiskäytön eliminoimiseksi.

5.2 Tieteellinen kontribuutio

Tämän tutkimuksen ensimmäinen keskeinen kontribuutio on hukkatutkimuksen kohdistaminen toteutussuunnitteluun. Kirjallisuusselvityksessä havaittiin, että suunnittelun hukkaa on käsitelty aiemmissa tutkimuksissa verrattain vähän. Lisäksi kyseisissä tutkimuksissa hukkatarkasteluita ei kohdistettu toteutussuunnitteluun vaan suunnitteluun yleisesti. Tämän vuoksi kirjallisuuteen nähden toteutussuunnittelun hukkatutkimuksessa tunnistetut uudet hukkamuodot ja niiden syyt, muodostavat tutkimuksen tieteellisen kontribuution.

Tutkimuksen toinen merkittävä kontribuutio liittyy kehitettyyn suunnittelun ohjausmenetelmään. Kirjallisuusselvityksessä tunnistettiin useita sovellutuksia, joita hyödyntämällä on mahdollista eliminoida erilaisia hukkamuotoja. Tosin missään tutkimuksessa ei ole tutkittu juuri kyseisten sovellutusten yhdistämistä ja niiden vaikutusta toteutussuunnittelun hukan eliminoituihin.

5.3 Menetelmän yleistettävyyden

Ongelmakeskeisyyden lisäksi toimintatutkimuksessa oleellista on pohtia tulosten yleistettävyyttä (Azhar ym. 2009). Yleistettävyydellä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, kuinka hyvin kehitetty menetelmä on sovellettavissa muihin tutkimustapauksiin.

Menetelmä on kehitetty lähtökohtaisesti uudistoimitilarakentamisen hankkeiden suunnittelun ohjaukseen, mutta sen todettiin soveltuvan myös muihin hankemuotoihin, kuten asuntorakentamiseen ja korjausrakentamiseen. Menetelmän prosessi ja toimintatavat pohjautuvat laaja-alaiseen kirjallisuusselvityksen sovellutuksiin, joita on testattu useissa eri tutkimuksissa ja hankemuodoissa. Lisäksi menetelmän tekniset ratkaisut perustuvat alalla yleisesti hyväksyttyihin rakennustietosäätiön asiakirjoihin, kuten RYL:iin ja tehtävälueeteloihin.

Vaikka menetelmä on testattu ainoastaan vesikattosuunnitelmapaketin osalta, se on käytönotettavissa myös muiden suunnitelmapakettien osalta. Palaveriaikataulu muodostetaan ennen suunnitelmapakettien luontia, joten sitä ei ole sidottu yksittäiseen pakettiin. Myös tehtäväaikataulu on hyödynnettävissä suoraan muissa paketeissa, sillä se edellyttää ainoastaan hankkeen keskeisten osapuolten ja sen hetkisen suunnitteluedellytysten tunnistamista. Muut työkalut kuten suunnitelmapakettiaikataulu, suunnitelmamatriisi, suunnitelmien sisältömäärittely ja lähtötietotarveluettelo ovat hyödynnettävissä myös muissa paketeissa, kun kyseisten pakettien hankintapaketit, suunnitelmat ja niiden sisältövaatimukset on määritetty.

5.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuden kriittinen arviointi on keskeinen osa kvalitatiivista tutkimusta (Golafshani 2003). Kirjallisuusselvityksessä jokaisen tietolähteen luotettavuutta arvioitiin yksilöllisesti, sillä tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman luotettavia tietolähteitä. Kirjallisuusselvityksessä pyrittiin painottamaan toteutussuunniteluun liittyvää tutkimusaineistoa, sillä tutkimus on rajattu toteutussuunnitteluvaiheeseen. Suunnittelun hukkaa käsiteltäviä tutkimuksia oli kuitenkin verrattain vähän, mikä vaikeutti hukkatutkimustulosten peilaamista teoreettiseen viitekehykseen. Myös projektiallianssin toteutusmuotoon liittyviä tutkimuksia oli verrattain vähän, sillä projektiallianssi on suhteellisen uusi toteutusmuoto Suomessa, eikä kyseisellä mallilla toteutettavia hankkeita ole paljon. Näistä haasteista huolimatta, tutkija on onnistunut muodostamaan suhteellisen laajan teoreettisen viitekehyksen, joka muodosti vankan pohjan empiirisen tutkimuksen toteuttamiselle. Tutkijan aiempi kokemus tutkittavasta ilmiöstä sekä vankka teoriapohja auttoivat myös empiiristen tulosten kriittisessä tulkinnessa.

Havainnoinnin käyttö tutkimuksen pääasiallisena aineistokeruumenetelmänä mahdollisti toiminnan seuraamista sen luonnollisessa ympäristössä. Hukkatutkimuksessa tunnistetut hukkamuodot vastasivat melko hyvin kirjallisuusselvityksessä tunnistettuja hukkamuotoja, minkä vuoksi niitä voi pitää sangen luotettavina. Hukkatutkimuksen ja menetelmän testauksen havainnointitulosten luotettavuutta olisi kasvattanut tutkijan kokoaikainen läsnäolo hankkeen suunnittelun ohjauksessa. Tosin aikataulurajoitusten vuoksi kokoaikainen havainnointi ei ollut mahdollista. Tulosten luotettavuutta olisi voitu myös parantaa soveltamalla menetelmätriangulaatiota, jossa tutkimusaineistoa hankitaan useita eri aineistokeruumenetelmiä hyödyntäen (Hirsjärvi ym. 2004). Erityisesti haastatteluiden suorittaminen havainnointiaineiston tueksi ja sen vertaamiseksi tutkittavien omien näkemyksien kanssa, olisi vahvistanut tutkimustulosten luotettavuutta.

Kehitystyön ja testauksen osalta tutkimuksen rajallinen aikataulu muodosti merkittävän haasteen menetelmän todellisen potentiaalin mittaamiselle. Kehittämistä haastoivat asiantuntijoiden eriävät mielipiteet, jotka todettiin johtuvan osapuolten välisistä ristiriitaisista intresseistä sekä tutkittavan ilmiön monimutkaisuudesta luonteesta. Osittain näiden haasteiden takia, menetelmän kehitystyö vei huomattavan osan tutkimuksen ajasta. Kehittämistä vaikeutti myös se, että hukkatutkimus jouduttiin suorittamaan ajallisesti osittain päällekkäin kehitystyön kanssa. Tämän vuoksi hukkamuotoja päästiin analysoimaan vasta kehitystyön jälkeen. Kehittämistä helpotti kuitenkin se, että menetelmää rajattiin koskemaan ainoastaan vesikattosuunnitelmapakettia. Selkeän rajauksen ansioista menetelmä valmistui hyvissä ajoin ennen sen käyttöönottoa.

Menetelmän testaus suoritettiin ainoastaan tutkimuskohteen vesikattopaketin hankintoja palvelevan suunnittelun osalta. Tämän vuoksi menetelmän toimivuutta toteutusta palvelevassa suunnittelussa ei päästy testaamaan. Menetelmän suhteellisen lyhytaikainen käyttöönotto vaikeutti osapuolten sitouttamista uuden menetelmän oppimiseen. Tämän lisäksi perinteisen ja uudistetun menetelmien päällekkäisyydet vaikeuttivat uuden menetelmän jalkauttamista. Näiden tutkimusrajoitusten vuoksi menetelmän käyttöönottoa jouduttiin suorittamaan osittaisena, jolloin kaikkia menetelmän mahdollistamia etuja ei voitu saavuttaa. Erityisesti kaikkia tehtäväaikatauluun liittyviä menettelyjä kuten viikkopalaverit, tilanneselvitykset ja tehtävien toteutumisprosenttiseuranta ei otettu käyttöön. Näin ollen kaikkia merkittäviä hukkamuotojakaan ei voitu eliminoida.

5.5 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli tunnistaa toteutussuunnittelun merkittävimmät hukkamuodot. Hukkamuotojen priorisointi ei kuitenkaan ollut ilmiön monimutkaisen luonteen takia niin yksiselitteistä. Merkittävyyteen vaikuttavat ainakin hukan suuruus ja vaikuttavuus. Jatkossa olisikin tärkeää löytää oikeanlaiset mittarit eri hukkamuotojen suuruuden ja vaikuttavuuden mittaamiselle. Kun hukan suuruutta päästäisiin mittaamaan luotettavasti, myös menetelmän vaikutukset hukkaan ja sen eliminointiin olisi mahdollista arvioida ja havainnollistaa paremmin.

Hukkatutkimuksessa keskityttiin ainoastaan suunnittelun hukan tutkimiseen. Jatkotutkimuksessa olisi oleellista tutkia tunnistettujen hukkamuotojen vaikutukset hankintaan ja tuotantoon. Tutkimuksessa on jo todettu, että suunnittelun hukalla on vaikutus hankinnan ja tuotannon hukkaan, mutta oleellista olisi tutkia miten ja millä laajuudella.

Tutkimuksessa oli keskitytty hukcateemaan, joka on keskeinen osa Lean -filosofiaa. Hukan lisäksi Lean suunnittelun ohjauksen keskeiset periaatteet ovat tiedon virtaus ja imuohjaus. Nykysuunnittelussa tuotetaan suuri määrä tietoa, joka lepää suurimman osan ajasta käyttämättömänä. Tutkimalla miten kauan yksittäiset suunnitelmat lepäävät käyttämättöminä, voidaan suunnittelua tahdistaa jatkossa todellisten tarpeiden mukaisesti ja siten luoda imuohjattu ja virtautettu suunnitteluprosessi.

Suomessa rakennushankkeille on olemassa useita eri toteutusmuotoja ja niiden sovelluksia. Jokaisessa toteutusmuodossa suunnittelun ohjauksen toimintatavat vaihtelevat, minkä vuoksi lisätutkimuksia kaivattaisiin siitä, miten eri toteutusmuodot vaikuttavat suunnittelun hukkaan.

Lähdeluettelo

- Aasland, K., & Blankenburg, D. (2012). An analysis of the uses and properties of the Obeya. 1–10.
- Aapaoja, A., & Haapasalo, H. (2014) A Framework for Stakeholder Identification and Classification in Construction Projects. *Open Journal of Business and Management* 2(1), 43–55.
- Austin, S., Baldwin, A., & Newton, A. (1994). Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design. *Construction Management and Economics*, 12, 445–455.
- Azhar, S., Ahmad, I., & Sein, M. K. (2009). Action research as a proactive research method for construction engineering and management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 87–98.
- Baker, L. M. (2006). Observation: a complex research method. *Social Science Premium Collection, Library Trends* 55(1), 171–189.
- Ballard, G. (1999). Can pull techniques be used in design? *Proceedings of the Conference on Concurrent Engineering in Construction*, Espoo, Finland.
- Ballard, G., (2000a). Managing Work Flow On Design Projects. *CIB W96 Architectural Management*. Atlanta, US.
- Ballard, G., (2000b). Positive vs Negative Iterations in Design. *Proceedings of the 8th annual conference of the International Group for Lean Construction*, Brighton, UK.
- Ballard, G., (2000c). The last planner system of production control. PhD dissertation, Civil Engineering, University of Birmingham. Birmingham.
- Ballard, G., & Howell, G. (1994). Implementing lean construction: stabilizing work flow. *Proceedings of the 2nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile, 1994, Dept. Alarcon*.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). An update on last planner. *Proc., Int. Group for Lean Construction 11th Annual Conf. (IGLC-11), IGLC, Blacksburg, Va*, 11–23.
- Ballard, G., & Koskela, L., (1998). On the agenda of design management research. *Proc., 6th Annual Conf., Int. Group for Lean Construction, International Group for Lean Construction*.
- Ballard, G., Koskela, L., Howell, G., & Zabelle, T. (2001). Production system design in construction. *Proceedings of the 9th annual conference of the International Group for Lean Construction*.
- Barbosa, F., Woetzel, J., & Mische, J. (2017). Reinventing construction through a productivity revolution. *McKinsey Global Institute report*.

- Baskerville, R. L. (1997). Distinguishing action research from Participative case studies. *Journal of Systems & Information Technology*, School of Management, Binghamton University, Binghamton, New York.
- Baskerville, R. L. (1999). Investigating information systems with action research. *Communications of the AIS*, 2(3es), 4.
- Becker, H. S., & Blanche, G. (1957). Participant observation and interviewing: A comparison. *Human Prganization*, 16, 28–32.
- Bedrick, J. (2008). Organizing the Development of a Building Information Model. *The American Institute of Architects. AECBytes*, 4.
- BIMForum (2019). Level of development specification 207. Saatavissa: <http://bimforum.org/lod/>
- Boon Hui Yap, J., & Skitmore, M. (2018). Investigating design changes in Malaysian building projects. *Architectural Engineering and Design Management*, 14:3, 218–238.
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., & Nyseth, K., (2010). Collaborative Design Management. *Proceedings of the IGLC-18*, Technion, Haifa, Israel.
- Bortolazza, R. C., & Formoso, C. T. (2006). A quantitative analysis of data collected from the Last Planner system in Brazil. *Sacks, R. and Bertelsen, S. (Org.) Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Santiago, Chile, 2006, 625–638.
- Bryman, A., & Burgess, R. G. (1994). Analyzing qualitative data. London: Routledge.
- Burati J., Farrington J., & Ledbetter W. (1992). Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of construction engineering and management*. 34–49
- Chachere, J., Kunz, J., Levitt, R., (2004). Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Risk Analysis Using Formal Models of Radical Project Acceleration. *CIFE Working Paper #WP088*.
- Choa, D., Tyagi, A., Ling, S., & Bok, H. (2003). Process-Parameter-Interface Model for Design Management. *Journal of construction engineering and management*. 653–663.
- Codinhoto, R., & Formoso, C. (2005). Contributions for the integration of design and production management, *CIBW96*.
- Cohen, J. (2010). Integrated Project Delivery: Case Studies, AIA National, AIA California Council, AGC California and McGraw-Hill.
- Collins, H. (2010). Tacit and Explicit Knowledge. *The university of Chicago Press*, Chicago and London.
- Cremona, M. (2011). Enhancing Collaboration and Decision-making through Application of Last Planner System in Construction Design. *The University of Salford School of the Built Environment, MSc Project Management in Construction*.

Dave, B., Pikas, E., Kerosuo, H., & Mäki, T. (2015). ViBR– conceptualising a virtual big room through the framework of people, processes and technology. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 21, 586–593.

Betonielementtiteollisuus Ry. (2019). Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>

El. Reifi, M.H., & Emmitt, S. (2013). Perceptions of Lean Design Management. *Architectural Engineering and Design Management* (9), 195–208.

Emmitt, S., & Ruikar, K. (2013). Collaborative Design Management. Routledge. London.

Ennova. (2011). Agile and Lean for Construction. Engineering Innovation.

Eppinger, S. D., Whitney, D. E., Smith R. P., & Gebala, D. A. (1994). A modelbased method for organizing tasks in product development. *Research in Engineering Design*, Vol. 6, 1–13.

Formoso, C., Tzortzopoulos, P., Jobin, M., & Liedtke, R., (1998). Developing a protocol for managing the design process in the building industry. *Proc., 6th Annual Conf. Int. Group for Lean Construction, International Group for Lean Construction*.

Fosse, R., & Ballard, G. (2016). Lean design management in practice with the last planner system. *Proceedings IGLC*, Boston, USA.

Fundli, I. S., & Drevland, F. (2014). Collaborative Design Management – A Case Study. *Proceedings of the IGLC-22*, Oslo, Norway.

Gibb, A., & Isack, F. (2001). Client drivers for construction projects: implications for standardization, Engineering. *Construction and Architectural Management*, Vol. 8 Issue: 1, 46–58,

Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. *Qualitative Report*, 8, 597–606.

Gray, C., & Hughes, W. (2001). Building Design Management, Butterworth-Heinemann, Oxford.

Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2009). Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study. *Proceedings of the IGLC-17*. Taipei, Taiwan.

Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve – a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 24 No. 10, 994–1011.

Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17 Iss 1, 46–64

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. (2004). Tutki ja kirjoita.

Hirsjärvi, S., & Hurme, H. (2000). Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Gaudeamus Helsinki University Press.

Hickethier, I.D., Tommelein, I., & Lostuvali, B. (2012) Social network analysis of information flow in an IPD-project design organization. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil 21*, 319–328.

Holweg, M. (2003). The three-day car challenge – investigating the inhibitors of responsive order fulfilment in new vehicle supply systems. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 6(3), 165–83.

Howell, G. A. (1999). What is lean construction. *Seventh Conference of the International Group for Lean Construction*, University of California, Berkeley, California, USA.

Howell, G. A., & Koskela, L. (2000). Reforming Project Management: The Role of Lean Construction. *8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 17-19th July 2000*, Brighton.

Huovila, P., Koskela, L., & Lautanala, M. (1997). Fast or concurrent -the art of getting construction improved. *Lean Construction; Proc., 2nd Annu. Conf. on Lean Constr.*, A. A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Abou-Ibrahim, H., & Hamzeh, F. (2016). BIM: A TFV Perspective to Manage Design Using the LOD Concept.

Jørgensen, B., & Emmitt, S. (2008). Lost in transition: the transfer of lean manufacturing to construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15(4), 383–398.

Kamara J., Anumba., & Cutting-Decelle A., (1997). Introduction to Concurrent Engineering in construction. *Concurrent Engineering in Construction CEC97*, London 3-4 July. The Institution of Structural Engineers, London.

Kankainen, J., & Junnonen, J. M. (2000). Rakennuttaminen. *Rakennustieto ry*. 101. ISBN 951-682-631-8.

Kavanagh, S., & Krings, D. (2011). The 8 Sources of Waste and How to Eliminate Them. *Government Finance Review*, vol 27, nr. 6, 18.

Kent, D., & Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. *Journal of construction engineering and management*. 815–825

Kerosuo, H., Mäki, T., Codinhoto, R., Koskela, L., & Miettinen, R. (2012). In time at last: Adaption of Last Planner tools for the design phase of a building project. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, San Diego, CA, USA United States, 18/07/12 - 20/07/12, 1031–1041.

Knotten, V., Svalestuen, F., Aslesen S., & Dammerud, H., (2014). Integrated methodology for design Management – a research project to Improve design management for the AEC industry in Norway. *Industry Papers*.

Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G.K., & Lædre, O. (2015). Design management in the building process – a review of current literature. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 21, 120–127.

Koskela L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. *Technical Report # 72*. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University. 75.

Koskela, L. (1999). Management of production in construction: a theoretical view. *Proceedings of the Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC-7*, Berkeley, 241-252

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. D.Tech., Helsinki University of Technology, Espoo.

Koskela, L. (2004). Making do-the eighth category of waste. *Proc., 12th Annual Conf. on Lean Construction*, C. T. Formoso and S. Bertelsen, eds., Lean Construction–DK, Elsinore, Denmark.

Koskela, L., Ballard, G., & Tanhuanpaa, V. P. (1997). Towards Lean Design Management. *Proceedings of the 5th annual conference of the International Group for Lean Construction*, Gold Coast, Australia.

Koskela, L., & Howell, G. (2002). The theory of project management: explanation to novel methods.

Koskela, L., Huovila, P., & Leinonen, J. (2002). Design management in building construction: From theory to practice. *Journal of Construction Research*.

Koskela, L., & Huovila, P. (1997). On Foundations of Concurrent Engineering. *Anumba, C. and Evbuomwan, N. (eds.). Concurrent Engineering in Construction CEC97*, London 3-4 July. The Institution of Structural Engineers, London, 22-32.

Koskela, L., & Koskenvesa, A. (2003). Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla. VTT Tiedotteita 2197. 82.

Kram, M., Tošanović, N., & Hegedić, M. (2015). Kaizen approach to supply chain management: first step for transforming supply chain into Lean supply chain. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Ivana Lucica 5, Zagreb, Croatia.

Krafcik, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, Vol. 30 (1).

Kruus, M., Kiiras, J., Raveala, J., Saari, A., & Salmikivi, T. (2006). SUKE. Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Helsinki, Rakennustieto Oy. 71 s.

Kruus, M. (2008). SUKE. Suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen projektinjohtorakentamisessa. Helsinki, *Rakennustieto Oy*. 142.

- Kuula, A. (2006). Tutkimusetiikka. Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys.
- Lahdenperä, P. (2012). Making sense of the multi-party contractual arrangements of project partnering, project alliancing and integrated project delivery. *Construction Management and Economics*, 2012, Vol.30(1).
- Lahdenperä, P. (2015). Allianssiurakan arvontuoton mekanismit. Johdon sosiaalinen kognitiivinen kartta. VTT, Espoo, Finland.
- Lahdenperä, P., & Tanhuanpää, V. P. (2000). Creation of a new design management system based on process optimization and proactive strategy. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 7 Issue: 3, 267–277.
- Lander, E., & Liker, J.K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 16, 3681–3698.
- Lehtovaara J., Seppänen O., & Heinonen A. (2019). Building 2030 - Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Aalto yliopisto.
- Liker, J.K. (2010). Toyotan tapaan, Jyväskylä, WS Bookwell Oy.
- Liker, J., & Morgan, J. M. (2006). Taking the Toyota Way to professional service operation: the case of lean product development. *Academy of Management Executive*, May, 5–20.
- Lu, W., Zhang, D., & Rowlinson, S. (2013). BIM Collaboration: A Conceptual Model and its Characteristics. S. D. Smith & D. D. Ahiaga-Dagbui (Eds.), *Procs 29th annual ARCOM conference*, 25–34.
- Lucas, H., Legender, Y., Huan, K., Elain, Z., Qijian, W., Chunshan, D., Xinyi, H., & Zhengfang, L. (2018). Using pattern based layout comparison for a quick analysis of design changes. *Proc. SPIE 10588, Design-Process-Technology Co-optimization for Manufacturability XII, 105880X*
- LVI 01-10355. (2002). TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1, *Rakennustieto Oy*.
- LVI 01-10356. (2002). TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 2, *Rakennustieto Oy*.
- Macomber, H., & Howell, G. (2004). Two Great Wastes in Organizations, the source of untapped inventiveness, talents, and wisdom; a typology for addressing the concern for the underutilization of human potential.
- Marksberry, P. (2011). The Toyota Way – a quantitative approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2 Issue: 2, 132–150,
- Mazlum, S., & Pekerçli, M. (2016). Lean Design Management–An Evaluation Of Waste Items For Architectural Design Process.

Miles, R. (1998). Alliance Lean design / construct on a small high-tech project. The 6th *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Guarujá, Sao Paulo, Brazil, 13-15 August 1998. 26.

Moen, R., & Norman, C. (2006). Evolution of the PDCA cycle.

Ohno, T. (1978). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. *Productivity Press*, Cambridge, Massachusetts.

Olhager, J., & Östlund, B. (1990). Department of Production Economics, Linköping Institute of Technology, S-581 83 Linköping, Sweden.

Osmani, M., Glass, J., & Price, A. D. (2008). Architects' Perspectives on Construction Waste Reduction by Design. *Waste Management* 28(7), 1147–58.

Paulson Jr, B. C. (1976). Designing to reduce construction costs. *Journal of the construction division* 102. C04.

Parrish, K., Wong, J.M., Tommelein, I. D., & Stojadinovic, B. (2008). Set-based Design: Case Study on Innovative Hospital Design, in Tzortzopoulos, P. and Kagioglou, M. (eds.). *Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Manchester, UK.

Pekuri, A., Herrala, M., Aapaoja, A., & Haapasalo, H. (2012). Applying Lean in construction—cornerstones for implementation. *Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. San Diego CA, Jul. 18-20.

Pikas, E., Koskela, L., Trelldal, N., Knotten, V., & Bølviken, T. (2018). The Dual Nature of Design Management. *Proc. 26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)*, González, V.A. (ed.), Chennai, India, 647–657.

Pishdad-Bozorgi, P., & Karasulu, Y. (2013). Advancing Target Price and Target Value Design Process in IPD Using BIM and Risk-Sharing Approaches. *49 th. ASC Annual International Conference proceedings*. Hattiesburg, Mississippi, School of Construction, The University of Southern Mississippi.

Polat, G., & Ballard, G. (2004). Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques. *Proceedings 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-12)*, Elsinore, Denmark.

Raisbeck, P., Duffield, C., & Xu, M. (2010). Comparative performance of PPPs and traditional procurement in Australia. *Construction Management and Economics*, 28(4), 345–359.

Reinertsen, D. (1997). Managing the Design Factory. *The Free Press*. New York.

RT 10-11108. (2013). Pääsuunnittelun tehtäväluettelo PS12, *Rakennustieto Oy*.

RT 10-11109. (2013). Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK12, *Rakennustieto Oy*.

RT 10-11128. (2013). Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12, *Rakennustieto Oy*.

RT 14-11016. (2010). RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt, *Rakennustieto Oy*.

Sacks R., Koskela L., Dave B., & Owen R., (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. *J. Constr. Eng. Manage.*, 968–980.

Seppänen, O. (2009). Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects.

Seppänen, O., Ballard, G., & Pesonen, S. (2010). The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. *Lean Construction Journal*, 2010, 43–54.

Shahbazi, S., & Javadi, S. (2013). Supporting production system development through Obeya concept.

Singh, J., & Singh, H., (2009). Kaizen philosophy: a review of literature. *Journal of Operations Management*, 8(2), 51–73.

Sobek, D. K., II, Ward, A. C., & Liker, J. K. (1999). Toyota's principles of set-based concurrent engineering, *Sloan Management Review*, Winter.

Solihin, W., & Eastman, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automat. Constr.* 53, 69–82.

Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., & Lohne, J. (2018). Planning the Building Design Process According to Level of Development. *Lean Construction Journal* 2018, 16–30.

Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B., & Koskela, L. (2016). The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices. *Procedia Engineering*. 164, 567–574.

Tilley, P. (2005). Lean Design Management—A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality. Research Fellow, Salford Centre for Research and Innovation in the Built & Human Environment, Bridgewater Building, University of Salford, Salford M7 1NU, United Kingdom.

Tillmann, P., Ballard, G., Tzortzopoulos, P., & Formoso, C. (2012). How integrated governance contributes to value generation: insights from an IPD case study. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Challenging Lean Construction Thinking: Are we near a Tipping Point?*, San Diego, California, USA.

Tzortzopoulos, P., Formoso, C.T., & Betts, M. (2001). Planning the Product Development Process in Construction: An Exploratory Case Study. *Proc. 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-9)*, Singapore, Singapore.

Uusitalo, P., Olivieri, H., Seppänen, O., Pikas, E., & Peltokorpi, A. (2017). Review of Lean Design Management: Processes, Methods and Technologies. *LC3 2017 Volume II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)* Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), Heraklion, Greece, 571–578.

Uusitalo P., Seppänen O., Peltokorpi A., & Olivieri H. (2019). A Lean Design Management Process Based on Planning the Level of Detail in BIM-Based Design. *Mutis I., Hartmann T. (eds) Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering. Springer, Cham.*

Williams, R., van der Wiele, T., van Iwaarden, J., Bertsch, B., & Dale, B. (2006). Quality management: the new challenges, *Total Quality Management, Vol. 17 No. 10*, 1273–80.

Wilson, V. (2016). Research Methods: Action Research.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking. *Simon & Schuster, New York, NY.*